استانداردسازی صید به‌ازاء واحد تلاش (CPUE) تون هوور (*Thunnus tonggol*) با استفاده از روش خطی عمومی (GLM) در صید گوشگیر آب‌های ایرانی دریای عمان

- **سید حسام کاظمی***: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **سید یوسف پیغمبری**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **پرویز زارع**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **سعید گرگین**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۸

چکیده

تون هوور (*Thunnus tonggol*) از گونه‌های تجاری و مهم سطح‌زی است که در آب‌های ساحلی گرمسیری و معتدله اقیانوس هند و آرام پراکنش دارد. هدف از این مطالعه بررسی شاخص فراوانی نسبی تون هوور در مدت ده سال صید (۱۳۸٦ تا ۱۳۹۵) و بررسی تاثیر سال، ماه، تناژ شناور و ارتفاع طاقه‌های تور گوشگیر بر صید به‌ازاء واحد تلاش صیادی CPUE این گونه در صید گوشگیر شناورهای سنتی از آب‌های ساحلی دریای عمان می‌باشد که با مدل خطی عمومی (GLM) استاندارد شدند. غالباً در ارزیابی ذخایر هنگامی‌که پارامترهای جمعیتی را در مورد یک جمعیت محاسبه می‌کنند، از صید به‌ازاء واحد تلاش استاندارد شده که به‌عنوان شاخص فراوانی نسبی سالیانه جمعیت در نظر گرفته می‌شود به‌عنوان یک ورودی مهم استفاده می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد از بین متغیرهای توضیحی استفاده شده در مدل خطی عمومی سال و ماه به‌طور معنی‌داری روی CPUE تون هوور اثرگذار بوده‌اند اما تأثیر افزایشی تناژ شناور و ارتفاع تورهای گوشگیر به‌هم متصل شده معنی‌دار نبوده است. شاخص فراوانی نسبی تون هوور از سال ۱۳۸٦ تا ۱۳۹۵ روند افزایشی به همراه یک اوج چشمگیر در سال ۱۳۹۲ داشت و این نشان می‌دهد با افزایش تلاش صیادی ظرفیت افزایش صید وجود دارد. صید به‌ازاء واحد تلاش استانداردشده تون هوور یک گرایش شدید فصلی نشان داد به‌طوری‌که میزان صید در فصل گرم سال بیش‌تر بود. بررسی شاخص فراوانی نسبی ماهیانه نشان داد که بیش‌ترین نرخ صید تون هوور در ماه‌های اردیبهشت و خرداد انجام شده است.

کلمات کلیدی: صید گوشگیر، تون هوور، CPUE استانداردشده، مدل خطی عمومی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hesam_pep@yahoo.com

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563

مقدمه

عرض دریای عمان از بندر گواتر در جنوب‌شرقی‌ترین نقطه ایران تا دماغه حد در شمال‌شرق کشور عمان برابر ۳۲۰ کیلومتر و طول آن ۵۶۰ کیلومتر است(لایقی و همکاران، ۱۳۹۶).دریای عمان از یک‌طرف تحت تأثیر جریان‌های جوی متعدد مثل مانسون و باران‌های موسمی اقیانوس هند است و از طرف دیگر تحت تأثیر گرمای شدید عرض‌های استوایی که مهم‌ترین پدیده اقلیمی آن است (Parsapoor، ۲۰۱۳). تون ماهیان در سراسر جهان و معمولاً در آب‌های معتدله و استوایی از جمله دریای عمان،بین ۴۵ درجه شمالی و جنوبی خط استوا پراکنش دارند و به گونه‌های ساحلی، نریتیک و اقیانوسی تقسیم می‌شوند (Pillai و Satheeshkumar، ۲۰۱۲). صید تون ماهیان به‌طور مستقیم برای حدود ۲۰۰ میلیون نفر درجهان شغل ایجاد کرده(FAO، ۱۹۹۳) و ۱۹٪ مصرف پروتئین حیوانی توسط انسان‌ها را شامل می‌شود (Botsford و همکاران، ۱۹۹۷). بنابراین کاهش یا فروپاشی این گونه‌ها اثرات و عواقب شدید اجتماعی و اقتصادی در مناطق وابسته به صیادی خواهد داشت. تون هوور از گونه‌های سطح‌زی و تجاری مهم است و پراکنش گسترده‌ای در اقیانوس‌هند و آرام بین عرض ۴۷ درجه شمالی و ۳۳ درجه جنوبی دارد (Froese و Pauly، ۲۰۱۸). پراکنش این گونه برعکس سایر گونه‌های جنس *Thunnus* که در تمام آب‌های اقیانوسی باز پراکنش دارند محدود به مناطق نریتیک (Neritic) در منطقه فلات قاره (Continental Shelf) می‌شود و بندرت در آب‌های دور از ساحل (offshore) دیده می‌شود (Yesaki، ۱۹۹۴). تون هوور کوچک‌ترین گونه جنس *Thunnus* است (Pierre و همکاران، ۲۰۱۴) و از ماهیان، سخت‌پوستان و سرپایان تغذیه می‌کند (Collete، ۲۰۱۰). این گونه مهم اقتصادی در سراسر اقیانوس هند و آرام توسط بسیاری از کشورها به‌شدت تحت بهره‌برداری قرار دارد (Griffits، ۲۰۱۰). اما عجیب است که اطلاعات بسیار کمی درباره بیولوژی، ساختار ذخیره و صید این گونه وجود دارد. تون هوور به‌دلیل صید بیش از حد از سال ۲۰۱۱ توسط اتحادیه جهانی حفاظت از محیط زیست (IUCN) در لیست گونه‌های بحرانی در خطر (Critical endargered) قرار گرفته است (IUCN، ۲۰۱۵؛ Collete و همکاران، ۲۰۱۵) و ذخایر این گونه در آب‌های جنوبی ایران تحت بهره‌برداری بیش از حد (Overexploited) قرار دارند (Darvishi و همکاران، ۲۰۱۸). مقدار وزنی سالانه صید تون هوور در اقیانوس هند از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۲ افزایش زیادی داشته و به ۱۷۰۳۵۹ تن رسیده است، اما پس از آن روند کاهشی نشان داد تا در سال ۲۰۱۵ مقدار ۱۳۲۷۲۳ تن صید شد (IOTC، ۲۰۰۷). ۷۸ درصد از صید تون ماهیان در اقیانوس هند در منطقه غربی آن انجام می‌شود(Pillai و Satheeshkumar، ۲۰۱۲).صید تون و شبه‌تون‌ماهیان در آب‌های ایرانی دریای عمان و خلیج فارس نقش مهمی در زنجیره اقتصادی شیلاتی کشور دارد به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۵ مقدار ۲۳۲ هزار تن گزارش شد (Naderi، ۲۰۱۷). از این مقدار صید ۹۶ درصد توسط گوشگیرها و بقیه توسط پرساینرها و قلاب‌های کششی (Trolling) انجام می‌شود (Khorshidi، ۲۰۱۴). صید تون هوور در ایران در سال ۲۰۱۱ بیش‌تر از ۸۰ هزار تن و در سال ۲۰۱۵ به کم‌تر از ۶۰ هزار تن رسید (IFO، ۲۰۱۶). تون هوور از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ به‌عنوان گونه غالب صید گوشگیر در آب‌های ایرانی دریای عمان و خلیج‌فارس گزارش شد(Khorshidi، ۲۰۱۴). توصیه‌های علمی در مدیریت صیادی معمولاً براساس نتایج ارزیابی ذخایر آبزیان انجام می‌شود (Hinton و Walter، ۱۹۹۲). غالباً داده‌های صید به‌ازاء واحد تلاش صیادی مهم‌ترین اطلاعات ورودی در ارزیابی ذخایر آبزیان هستند که به‌عنوان شاخص فراوانی نسبی استفاده می‌شوند. اما این داده‌ها همواره تحت تأثیر زمان، مکان، گونه هدف، خصوصیات شناور و ابزار صید، پراکنش ماهیان و فاکتورهای محیطی تغییرپذیر هستند و تخمین شاخص فراوانی نسبی جمعیت، تحت تأثیر این عوامل قرار می‌گیرد (Shih و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین قبل از استفاده از CPUE در ارزیابی پارامترهای جمعیتی، آن را استاندارد می‌کنند و از CPUE استانداردشده به‌عنوان شاخص فراوانی نسبی جمعیت استفاده می‌شود. تاکنون چندین روش برای استاندارد کردن CPUE استفاده شده است (Hinton و Maunder، ۲۰۰۴) که در این میان مدل‌های خطی عمومی (General Linear Models - GLMs) متداول‌ترین هستند(Maunder و Punt، ۲۰۰۴). GLMها مناسب‌ترین و پرکاربردترین روش استانداردسازی می‌باشند زیرا به‌راحتی قابل فهم هستند و روش‌های قابل قبولی برای انتخاب فاکتورها و متغیرها در مدل دارند(Glazer و Butterworth، ۲۰۰۲؛ Hinton و Maunder، ۲۰۰۴؛ Battaile و Quinn، ۲۰۰۴؛ Venables و Hinton، ۲۰۰۴؛ Dichmont، ۲۰۰۴). در مدل‌های خطی عمومی، CPUE به‌صورت یک رابطه خطی از متغیرهای توضیحی پیش‌بینی می‌شود و مهم‌ترین موضوع محاسبه اثر سال است که به‌صورت متغیر گسسته درنظر گرفته می‌شود، زیراکه نشان‌دهنده شاخص سالیانه فراوانی نسبی جمعیت و ورودی بسیار مهم در مدل‌های ارزیابی ذخایر آبزیان است (Abear، ۲۰۰۹).

هدف از این مطالعه استانداردسازی داده‌های صید به‌ازاء واحد تلاش تون هوور در ناوگان صید گوشگیر ایران در دریای عمان و برآورد تغییرات واقعی شاخص فراوانی نسبی در طی ۱۰ سال (۱۳۹۵-۱۳۸۶) بوده است.

مواد و روش‌ها

صید سنتی تون هوور در آب‌های ایرانی دریای عمان تا عمق ۲۰۰۰ متر با استفاده از تورهای گوشگیر شناور و توسط شناورهای صیادی از قایق‌های فایبرگلاس ۶-۸ متر تا لنج‌های چوبی و

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563

یا فایبرگلاس با تناژ ۱ تا حدود ۲۰۰ تن انجام می‌شود. تورهای گوشگیر سطحی با طاقه‌هایی به طول ۱۶۰ تا ۱۸۳ متر توسط شناورها در هر سفر دریایی به آب انداخته شده و تعداد طاقه‌های تور بر حسب تناژ شناور و توان مالی صاحب آن بین ۲۰ تا ۵۰۰ عدد متغیر است. صیادان در این روش صید طاقه‌های تور گوشگیر را به شکل عمودی و افقی به یکدیگر متصل می‌کنند، به‌طوری‌که ارتفاع تورها گاهی تا ۱۵۰ متر نیز می‌رسد. صید گوشگیر تون ماهیان در سواحل دریای عمان و آب‌های فراساحلی در تمامی ماه‌های سال انجام می‌شود و اطلاعات صید در روزهای دریاروی در دفترچه‌های روزانه (Logbook) توسط صیادان و هنگام تخلیه در بندر توسط ناظرین شیلات ثبت می‌شوند. شناورهای صیادی بزرگ‌تر به‌دلیل توانایی حمل تورهای بیش‌تر و داشتن ظرفیت نگه‌داری و توانایی ماندن بیش‌تر در دریا صید بیش‌تری انجام می‌دهند. در این مطالعه از روش خطی عمومی (Nelder و Wedderburn، ۱۹۷۲) استفاده شد تا سری‌های زمانی از شاخص فراوانی نسبی تون هوور صید شده توسط ناوگان گوشگیر ایران در دریای عمان محاسبه شوند و تأثیر فاکتورهایی که تلاش صیادی را بین شناورها (اندازه، قدرت موتور، تجهیزات صید و ترکیب صید) یا بین تلاش‌های مختلف شناورهای یکسان (زمان و مکان صید) تغییر می‌دهند، حذف شود (Gulland، ۱۹۸۳). به‌علاوه، همواره داده‌های به‌دست آمده از عملیات صیادی شامل تعدادی صید صفر (zero catch) است، مخصوصاً وقتی‌که گونه مورد مطالعه با گونه صید هدف فرق داشته باشد. یعنی جایی‌که تلاش صیادی صورت گرفته ولی گونه مورد نظر صید نشده است. یک راه متداول برای از بین بردن اثر صید صفر در تبدیل لگاریتمی CPUE در مدل خطی عمومی، اضافه کردن ۱۰٪ میانگین کل CPUE مشاهداتی به‌عنوان ثابت به آن‌هاست (Cao و همکاران، ۲۰۱۱). در کل تعداد ۱۸۰۲۶ تلاش صیادی قابل قبول مربوط به ۸۳۵۳ عدد شناور صیادی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ ثبت شد. این مقدار نمونه ثبت شده تقریباً برابر ۱۰ درصد کل تلاش صیادی ناوگان گوشگیر در منطقه می‌باشد که توسط ناظرین سازمان شیلات ایران ثبت گردید. مقدار تلاش صیادی از حاصل‌ضرب تعداد طاقه‌های تور گوشگیر در ساعات حضور تور در آب در هر سفر دریایی محاسبه گردید. سپس صید به‌ازاء واحد تلاش صیادی از تقسیم مقدار وزن کل صید به تلاش صیادی به‌دست آمد. متغیرهای توضیحی مورد استفاده در مدل خطی عمومی شامل اثر سال (از ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵)، ماه (تمامی ماه‌های سال)، تناژ ناخالص شناور (از ۱ تا ۱۹۶ تن) و ارتفاع پانل‌های تورهای گوشگیر (تا ۱۵۰ متر) بودند. این فاکتورهای ثابت با لگاریتم صید به‌ازاء واحد تلاش (lnCPUE) رابطه خطی دارند. برای این‌که تبدیل لگاریتمی صیدهای صفر تعریف‌نشده (Undefined) نشود، ۱۰٪ میانگین کل CPUE به‌عنوان ثابت به تمام CPUEهای مشاهداتی اضافه شد. فرمول کلی مدل خطی عمومی GLM به‌صورت زیر است:

$$\ln(CPUE_{ijkm} + Constant) = Intercept + Y_i + M_j + S_k + D_m + \varepsilon_{ijkm}$$

به‌طوری‌که Constant، ۱۰٪ میانگین کل CPUEهای مشاهداتی است، Y_i اثر سال در سال i، M_j اثر ماه j، S_k سایز شناور k (تناژ ناخالص GRT)، D_m اثر ارتفاع تورهای گوشگیر m و ε_{ijkm} خطای مدل با ساختار لوگ نرمال $\log N(0,\sigma^2)$ می‌باشد. شاخص فراوانی نسبی در GLM به صورت میانگین حداقل مربعات اثر سال (LSMeans) محاسبه می‌شود، چون هدف اولیه شناسایی تفاوت‌های فراوانی تون‌هوور در طی سال‌های متوالی است. تمامی محاسبات در نرم‌افزار R (نسخه ۳،۵،۰، ۲۰۱۸) صورت گرفته است.

نتایج

مقدار کل صید تون هوور (واحد کیلوگرم) و تلاش صیادی (تعداد طاقه‌های تور گوشگیر×ساعات حضور تور در آب دریا) در نمونه‌های ثبت شده (تقریباً معادل ۱۰ درصد تلاش صیادی کل) از صید سنتی گوشگیر در دریای عمان طی سال‌های ۸۶ تا ۹۵ در شکل ۱ نشان داده شده است. مقدار صید در سال ۱۳۸۸ نسبت به ۱۳۸۶ بیش از ۲۰ برابر شده درحالی‌که تلاش صیادی تنها بیش‌تر از ۲ برابر افزایش یافته است. تلاش صیادی بعد از سال ۱۳۸۸ تقریباً ثابت بوده، در سال ۱۳۹۲ یک کاهش چشمگیر داشته و در دو سال آخر نیز به شدت کاهش یافته به‌طوری‌که در ۱۳۹۵ ($۱۰^۵ \times ۲۲۴$ طاقه در ساعت) تنها کمی بیش از مقدار خود در ۱۳۸۷ ($۱۰^۵ \times ۱۷۲$ طاقه در ساعت) رسیده است. اما میزان صید از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ تقریباً ثابت مانده و میانگین آن ۴۴۹۱ تن بوده است. بیش‌ترین میزان صید در سال ۱۳۹۳ و معادل ۵۰۹۸،۵ تن بوده که بیش‌ترین تلاش صیادی نیز در همین‌سال صورت گرفته است. مقدار صید به‌ازاء واحد تلاش مشاهداتی (Nominal CPUE) تون هوور از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ روند افزایشی داشته است (شکل ۲). این شاخص در سال ۱۳۹۲ بیش‌ترین میزان خود را داشته، در سال ۱۳۹۳ کاهش چشمگیر نشان داده و در دو سال انتهای مطالعه مجدداً افزایش یافته است. شکل ۲ هم‌چنین صید به‌ازاء واحد تلاش صیادی استاندارد شده (شاخص فراوانی نسبی) به روش خطی عمومی و ۹۵ درصد فاصله اطمینان آن در نمونه‌های ثبت شده تون هوور که توسط شناورهای سنتی گوشگیر در دریای عمان طی ده سال صید شده‌اند را نشان می‌دهد. شاخص فراوانی نسبی تون هوور در سال ۱۳۸۶ کم‌ترین و در ۱۳۹۲ بیش‌ترین مقدار کمی خود را داشته است. در واقع این شاخص تا سال ۱۳۹۲ روند افزایشی داشته اما پس از آن کاهش یافته است. همان‌طورکه جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد، در بین متغیرهای توضیحی استفاده شده در

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563

مدل سال و ماه با توزیع خطای لوگ نرمال به‌طور معنی‌داری روی CPUE اثر داشته‌اند اما ارتفاع تورهای گوشگیر و تناژ شناور تأثیر معنی‌داری بر مقدار CPUE تون هوور نداشتند. پارامترهای مربوط به CPUE استاندارد شده نیز در جدول ۲ آمده است. بر طبق نتایج این جدول صید تون هوور در بین ماه‌های فروردین، دی و اسفند تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

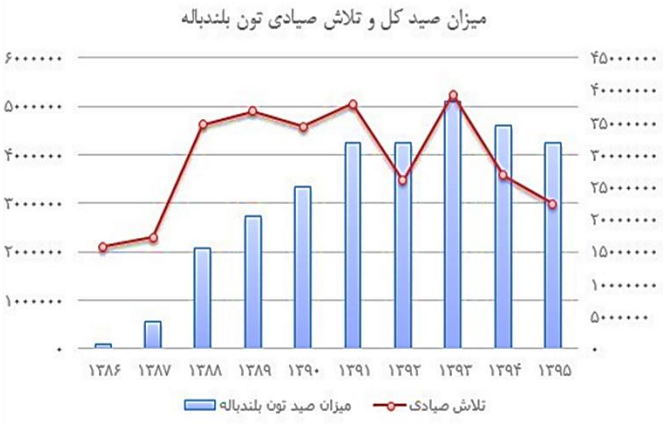
جدول۱: تجزیه واریانس متغیرهای توضیحی در داده‌های CPUE استانداردشده تون هوور دریای عمان به روش خطی عمومی (GLM) از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵

ضرایب coefficient	محاسبه شده estimated	خطای استاندارد	مقدار t	مقدارP
عرض از مبداء	-۲,۷۰۶	۰,۰۴۲۶۴	-۶۳,۴۶۸	P<0.001
بدون تأثیر	۰,۰۵۰۷۹	۰,۰۴۶۶۵	۱,۰۸۹	
۱۳۸۷	۰,۳۶۹۷	۰,۰۴۶۳۴	۷,۹۷۷	P<0.001
۱۳۸۸	۰,۵۹۰۰	۰,۰۴۵۵۹	۱۲,۹۴۲	P<0.001
۱۳۸۹	۰,۸۷۴۴	۰,۰۴۳۲۱	۲۰,۲۳۷	P<0.001
۱۳۹۰	۰,۶۸۸۰	۰,۰۴۰۳۰	۱۷,۰۷۴	P<0.001
۱۳۹۱	۱,۲۵۱	۰,۰۴۴۲۳	۲۸,۲۸۴	P<0.001
۱۳۹۲	۰,۵۳۵۵	۰,۰۴۲۲۱	۱۲,۶۸۷	P<0.001
۱۳۹۳	۰,۶۶۲۱	۰,۰۴۳۳۸	۱۵,۲۶۳	P<0.001
۱۳۹۴	۰,۷۷۰۹	۰,۰۴۴۲۴	۱۷,۴۲۶	P<0.001
۱۳۹۵	۰,۴۲۶۵	۰,۰۳۷۷۵	۱۱,۲۹۹	P<0.001
اردیبهشت	۰,۴۲۱۶	۰,۰۴۰۱۱	۱۰,۵۰۹	P<0.001
خرداد	۰,۲۹۰۰	۰,۰۴۷۳۲	۶,۱۲۷	P<0.001
تیر	۰,۲۴۳۳	۰,۰۴۲۲۸	۵,۷۵۴	P<0.001
مرداد	-۰,۲۲۷۲	۰,۰۳۸۸۲	-۵,۸۵۴	P<0.001
شهریور	-۰,۳۴۰۲	۰,۰۳۹۳۰	-۸,۶۵۴	P<0.001
مهر	-۰,۵۱۳۹	۰,۰۳۸۹۳	-۱۳,۲۰۳	P<0.01
آبان	-۰,۲۸۶۸	۰,۰۴۸۸۷	-۵,۸۶۹	P<0.01
آذر	۰,۰۱۵۶	۰,۰۵۱۲۵	۰,۳۰۶	بدون تأثیر
دی	-۰,۱۹۶۵	۰,۰۵۰۶۷	-۳,۸۷۸	P<0.001
بهمن	۰,۰۴۳۴	۰,۰۵۲۶۷	۰,۸۲۵	بدون تأثیر
اسفند	۰,۰۰۰۱۸۹۷	۰,۰۰۰۲۴۸۷	-۰,۷۶۲	بدون تأثیر
تناژ شناور	۰,۰۰۰۰۷۵۳۴	۰,۰۰۰۳۸۷۸	۰,۱۹۴	بدون تأثیر
ارتفاع تورهای گوشگیر				

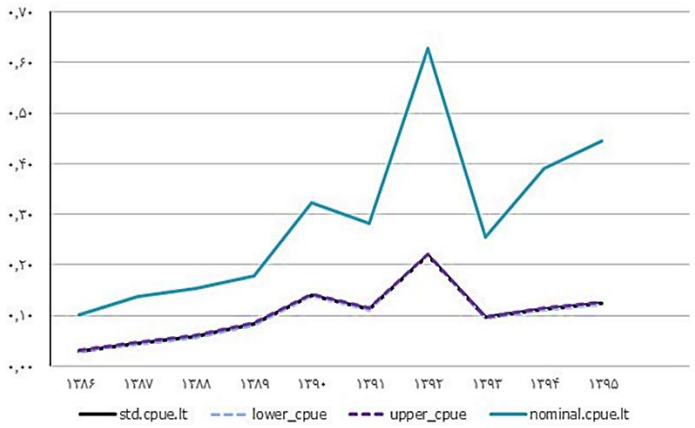
خطای باقی‌مانده‌ها توزیع نرمال را نشان می‌دهد و در نمودار Q-Q باقی‌مانده‌ها روی خط ۴۵ درجه قرار دارند (شکل ۳)، بنابراین مدل خطی عمومی روش مناسبی برای استاندارد کردن داده‌های صید به‌ازاء واحد تلاش تون هوور بوده است.

شاخص فراوانی ماهیانه تون هوور نشان می‌دهد صید این گونه در نیمه اول سال هم‌زمان با وقوع فصل تخم‌ریزی و مانسون و در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بیش‌ترین مقدار را دارد (شکل ۴). میزان صیدتون هوور در انتهای فصل گرما رو به کاهش رفته است درحالی‌که در انتهای فصل سرما روند افزایشی نشان داد.

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563



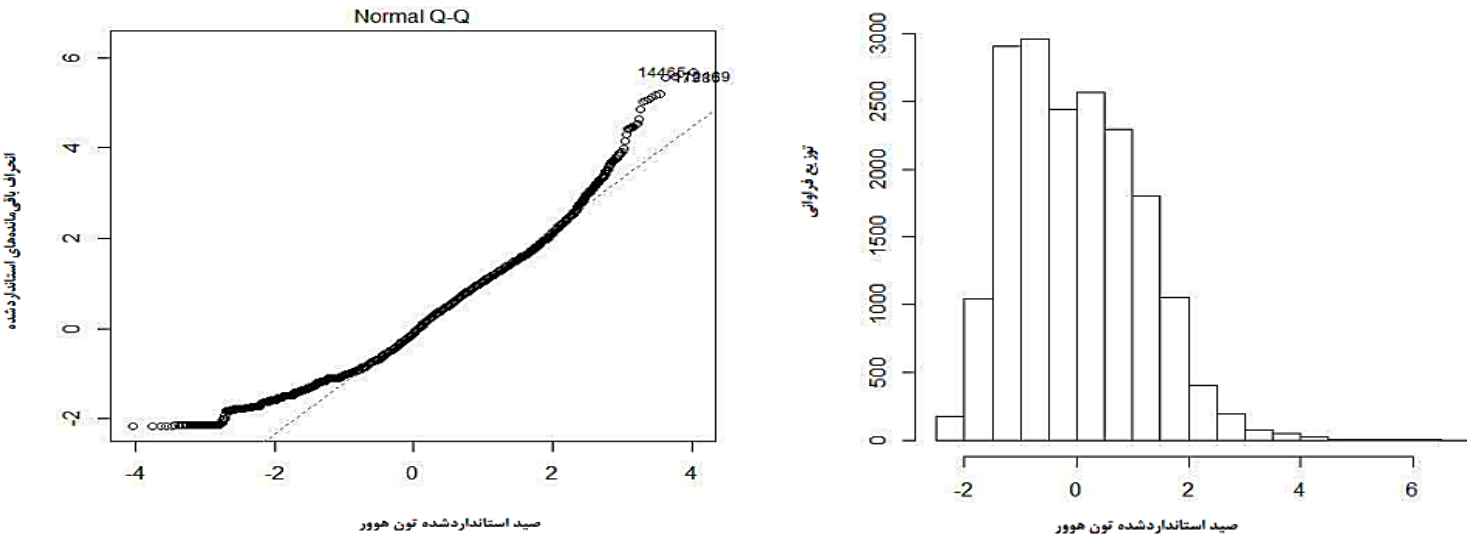
شکل۱: نمودار مقدار وزنی (کیلوگرم) تون هوور صید شده توسط ناوگان گوشگیر ایران و تلاش صیادی صورت گرفته در نمونه‌های ثبت شده (تقریباً ۱۰ درصد از تلاش کل صیادی) از آب‌های ساحلی دریای عمان در استان سیستان و بلوچستان در طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵



شکل ۲: نمودار CPUE مشاهداتی (خط بالایی) و استاندارد شده به‌روش خطی عمومی GLM (خط پایین) به همراه محدوده ۹۵٪ اطمینان آن (خط چین) در صید گوشگیر تون هوور دریای عمان از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵

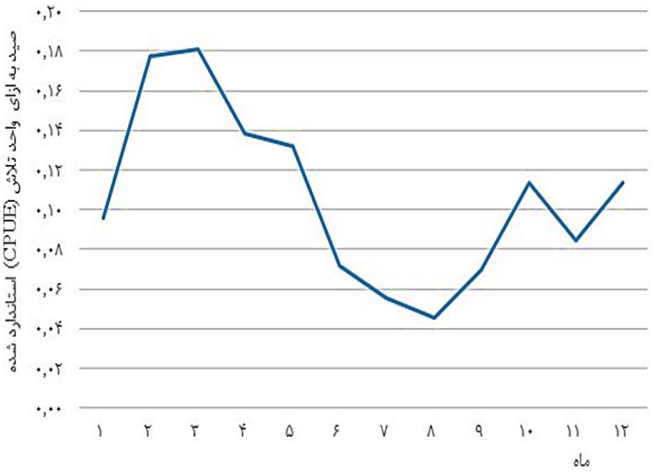
جدول۲: شاخص‌های صید به‌ازاء واحد تلاش (CPUE) استاندارد شده به‌روش خطی عمومی (GLM) در صید گوشگیر تون هوور دریای عمان در طی ۱۰ سال (۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵)

سال	CPUE استانداردشده	حد پایینی CPUE	حد بالایی CPUE	انحراف معیار	ضریب تغییرات	CPUE مشاهداتی
۱۳۸۶	۰,۰۳۰۰۷۷۴	۰,۰۲۹۱۵۹۵۲	۰,۰۳۰۹۹۵۲۱	۰,۰۱۶۱۷۸۷۸	۰,۵۳۷۹۰۵۴	۰,۱۰۲۴۷۲۴۷۱
۱۳۸۷	۰,۰۴۴۸۷۰۱	۰,۰۴۳۵۳۵۶۵	۰,۰۴۶۲۰۴۵۷	۰,۰۲۴۶۲۰۲۱	۰,۵۴۸۶۹۹۶	۰,۱۳۷۹۴۰۶۱۴
۱۳۸۸	۰,۰۵۸۰۲۰۵	۰,۰۵۶۳۴۹۹۹	۰,۰۵۹۶۹۰۹۶	۰,۰۳۱۴۶۱۱۷	۰,۵۴۲۲۴۲۶	۰,۱۵۳۹۰۵۴۲۱
۱۳۸۹	۰,۰۸۳۱۸۵۳	۰,۰۸۱۲۵۷۰۵	۰,۰۸۵۱۱۳۵۱	۰,۰۳۷۱۱۹۴۲	۰,۴۴۶۲۲۵۹	۰,۱۷۸۴۲۴۲۹۲
۱۳۹۰	۰,۱۴۰۲۶۵۹	۰,۱۳۷۸۸۸۵	۰,۱۴۲۶۴۳۴	۰,۰۵۳۶۰۰۴۳	۰,۳۸۲۱۳۴۴	۰,۳۲۲۹۹۰۲۳۵
۱۳۹۱	۰,۱۱۳۰۳۹۶	۰,۱۱۱۴۶۰۹	۰,۱۱۴۶۱۸۲	۰,۰۴۴۴۵۷۲	۰,۳۹۳۲۸۸۹	۰,۲۸۱۴۱۶۵۶۴
۱۳۹۲	۰,۲۱۸۳۶۰۳	۰,۲۱۴۶۴۹۶	۰,۲۲۲۰۷۰۹	۰,۰۷۸۸۷۱۸۸	۰,۳۶۱۲۰۰۷	۰,۶۲۷۵۱۴۹۱۲
۱۳۹۳	۰,۰۹۶۱۲۹۵	۰,۰۹۴۵۷۵۸۵	۰,۰۹۷۶۸۳۲	۰,۰۳۸۹۷۶۴۶	۰,۴۰۵۴۵۷۷	۰,۲۵۴۰۲۳۵۰۷
۱۳۹۴	۰,۱۱۲۸۵۸۷	۰,۱۱۰۸۲۷۴	۰,۱۱۴۸۹۰۱	۰,۰۴۴۵۳۷۶	۰,۳۹۴۶۳۱۴	۰,۳۹۱۵۳۸۲۱
۱۳۹۵	۰,۱۲۴۵۰۵۹	۰,۱۲۱۹۷۴۱	۰,۱۲۷۰۳۷۷	۰,۰۵۳۴۸۷۸۸	۰,۴۲۹۶۰۱۲	۰,۴۴۴۴۳۳۲۰۱



شکل ۳: نمودار توزیع فراوانی باقی‌مانده‌ها (راست) یک توزیع نرمال با میانگین صفر و یک را نشان می‌دهد؛ نمودار Q-Q با ساختار خطای لوگ نرمال نشان می‌دهد باقی‌مانده‌ها روی خط ۴۵ درجه قرار دارند.

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563



شکل۴: تغییرات ماهانه صید به‌ازاء واحد تلاش (CPUE) استانداردشده به روش خطی عمومی در صید تون هوور به‌روش گوشگیر در دریای عمان از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵

بحث

تون ماهیان گونه‌هایی با مهاجرت بسیار بالا هسند که اغلب مایل‌ها دور از ساحل یافت می‌شوند بنابراین جمع‌آوری اطلاعات راجع به آن‌ها نیاز به صرف وقت و هزینه زیاد است. به همین دلیل با این‌که صید این گونه‌های مهم تجاری در جهان رو به کاهش است اطلاعات کمی راجع به الگوی فراوانی و تنوع آن‌ها وجود دارد (Pillai و Satheeshkumar، ۲۰۱۲). اغلب داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به داده‌های صید و تلاش صیادی است که ممکن است گرایش‌دار (biased)، نادرست و بی‌کیفیت باشند. بنابراین ضروری است داده‌های CPUE قبل از استفاده در مدل‌های ارزیابی ذخایر استاندارد شوند تا اثر تمام فاکتورهای متغیر و انحرافات از آن‌ها حذف گردد. در نهایت اثر سال از خروجی مدل به‌عنوان شاخص فراوانی نسبی در مدل‌های جمعیتی استفاده می‌شود تا شاخص‌های بیولوژیکی مدیریت صید مانند حداکثر محصول قابل برداشت MSY برآورد گردند (Abear، ۲۰۰۹). اما متأسفانه تا کنون در ایران تنها یک مطالعه استانداردسازی داده‌های صید به‌ازاء واحد تلاش صورت گرفته و این موضوع کم‌تر مورد توجه بوده است. مطابق شکل ۱ تلاش صیادی در نمونه‌های ثبت شده (معادل ۱۰ درصد تلاش کل صیادی) در سال ۱۳۸۷ زیاد اما مقدار صید کم بوده است، درحالی‌که در سال انتهای مطالعه با افزایش تنها ۳۰ درصد تلاش صیادی نسبت به سال ۱۳۸۷، مقدار صید بیش از ۷ برابر افزایش یافته که می‌تواند به‌دلیل افزایش کارایی ادوات صیادی، افزایش ذخایر تون هوور در این مناطق و یا انجام تلاش صیادی در مناطق پرتراکم ذخایر این گونه باشد. صید به‌ازاء واحد تلاش صیادی استاندارد شده تغییرات کم‌تری نسبت به صید به‌ازاء واحدتلاش مشاهداتی‌دارد، که نشان می‌دهد مدل خطی اثر متغیرهای توضیحی را حذف کرده است. فاکتورهای سال و ماه در مدل استاندارد سازی اثر معنی‌دار نشان دادند اما افزایش تناژ شناور صیادی و ارتفاع تورهای گوشگیر، به‌طور معنی‌داری سبب افزایش مقدار صید به‌ازاء واحدتلاش تون هوور نشده است (جدول ۱). در مطالعه استانداردسازی انجام شده در دریای عمان (Al-Siyabi و همکاران، ۲۰۱۴) متغیرهای توضیحی سال، فصل و تعداد خدمه اثر معنی‌داری بر داده‌های CPUE تون هوور صید شده به‌روش گوشگیر سطحی داشته است. هم‌چنین در مطالعه آن‌ها شاخص فراوانی نسبی سالیانه از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ کاهش یافته و پس از آن تا سال ۲۰۱۳ ثابت بوده است. اما در این مطالعه شاخص فراوانی نسبی تون هوور از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ (معادل ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ میلادی) روند افزایشی طی کرده است. در تنها مطالعه استانداردسازی صید به‌ازاء واحد تلاش تون هوور در صید گوشگیر آب‌های جنوبی ایران (خلیج فارس و دریای عمان) به‌روش خطی عمومی (Fu و همکاران، ۲۰۱۹)، شاخص فراوانی نسبی از سال ۲۰۱۲ تا سال ۲۰۱۷ کاهش قابل توجهی داشته است. این کاهش ممکن است به‌دلیل تغییر گونه هدف صیادان بسته به شرایط بازار و یا رفتار شنا (Bottom Dwelling) و یادگیری تون هوور باشد. دما و عوامل وابسته به دما مثل ترموکلاین، جریانات دریایی و جریانات thermal fronts (جریانات عمودی یا افقی که به‌دلیل برخورد دو توده آب سطحی با دمای مختلف در مناطق کرانه‌ای و مرزی به‌وجود می‌آیند) نقش بسیار مهمی در پراکنش و مهاجرت تون ماهیان دارند. مطالعات ماهواره‌ای در سواحل گوجارات (Gujarat) در غرب اقیانوس هند نشان داد که بهترین دمای سطح آب برای صید تون ماهیان ۲۷ تا ۲۹ درجه می باشد (Beenakumari و همکاران، ۱۹۹۳)، در مطالعه دیگر این مقدار ۲۵/۵۶ درجه سانتی‌گراد در دریای ژاپن بوده است (Mohri و Kajikawa، ۲۰۱۴). بنابراین در مطالعات آینده می‌توان از دما، شوری و اکسیژن به‌عنوان فاکتورهای محیطی که روی پراکنش مکانی و زمانی ماهیان تأثیرگذار می‌باشند در مدل‌های خطی عمومی براساس زیستگاه (Habitat Based Model) (Standard-GLM-HBM) استفاده کرد (Nishida و Chen، ۲۰۰۴). بیش‌ترین مقدار صید تون هوور در نیمه اول سال و در ماه‌های اردیبهشت و خرداد انجام شده است (شکل ۴)، که مطابق با فصل بادهای موسمی و تخم‌ریزی این گونه در دریای عمان می‌باشد. اوج تخم‌ریزی تون هوور در خلیج فارس و دریای عمان از اواسط تیر ماه تا اوایل شهریور است (شوقی، ۱۳۷۱). در مطالعه دیگر در سواحل کشور عمان فصل تخم‌ریزی تون هوور از می تا آگوست (مطابق با اواسط اردیبهشت تا اوایل شهریور) و اوج آن در ژولای (تیر ماه) گزارش شد (Al-Siyabi و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین اوج فشار صید در ۲ ماهه ابتدای فصل تخم‌ریزی روی ذخیره

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563

اعمال می‌شود، درصورتی‌که فصل صید تون ماهیان در شمال‌غربی اقیانوس هند از سپتامبر تا می یعنی قبل از آغاز فصل تخم‌ریزی و اوج آن در اکتبر تا دسامبر است، (Pillai و همکاران، ۲۰۰۳). واضح است که CPUE تون هوور گرایش فصلی دارد به‌طوری‌که در فصل گرم (بهار و تابستان) نرخ صید بیش‌تر و در فصل سرد سال (پاییز و زمستان) نرخ صید کم‌تری داشته است. هم‌چنین در مطالعه دیگری (درویشی و همکاران، ۱۳۸۲) نشان دادند بیش‌ترین میزان صید هوور در استان هرمزگان در اردیبهشت ماه بوده که بیش از ۳۰ درصد صید کل این گونه است و در زمستان صید کم‌تری انجام می‌شود.

منابع

۱. **درویشی، م.؛ کی‌مرام، ف.؛ طالب‌زاده، س.ع. و بهزادی، س.، ۱۳۸۲.** بررسی ذخائر پنج گونه از تون ماهیان در استان هرمزگان سال‌های ۱۳۷۶-۷۷ و ۷۸. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۰۶-۰۷۱۰۳۲۱۰۰۰-۰۶-۷۶.

۲. **شوقی، ح.، ۱۳۷۱.** بررسی زیستی تون ماهیان. انتشارات زیستگاه تحقیقاتی آب‌های دور. ۷۵ صفحه.

۳. **لایقی، ب.؛ قادر، س.؛ علی‌اکبری‌بیدختی، ع. و آزادی، م.، ۱۳۹۶.** حساسیت‌سنجی شبیه‌سازی‌های مدل WRF به پارامترسازی‌های فیزیکی در محدوده خلیج فارس و دریای عمان در زمان مونسون تابستانی. مجله ژئوفیزیک ایران. دوره ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۹.

۴. **Abear, S.M., 2009.** Comparisons of Boosted Regression Tree, GLM and GAM peformance in the standardization of Yellowfin Tuna catch-rate data from the Gulf of Mexico Longline Fishery, Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

۵. **Al-Siyabi, B.; Al-Kharusi, L.; Nishida, T. and Al-Busaidi, H., 2014.** Standardization of Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) catch rates of drift gillnet fisheries in Sultanate of Oman. IOTC-2014-WPNT04-28.

۶. **Battaile, B.C. and Quinn, T.J., 2004.** Catch per unit effort standardization of the eastern Bering Sea walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) fleet. Fisheries Research. Vol. 70, pp: 161-177.

۷. **Botsford, L.W.; Castilla, J.C. and Peterson, C.H., 1997.** The management of fisheries and marine ecosystems. Science. Vol. 277, pp: 509-515.

۸. **Cao, J., Chen; X., Chen, Y.; Liu, B.; Ma, J. and Li, S., 2011.** Generalized linear Bayesian models for standardizing CPUE: an application to a squid-jigging fishery in the northwest Pacific Ocean. Scientia Marina Vol. 75, pp: 679-689.

۹. **Collette, B.B., 2001.** Scombridae. Tunas (also, Albacore, Bonitos, Mackerels, Seerfishes, and Wahoo). P3721-3756. In Carpenter, K.E. and Niem, V., (eds). FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the western central Pasific. Vol 6. Bony fishes part4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, FAO, Rome. Data Programme-SIDP, FAO-FIGIS.

۱۰. **Collette, B.B.; Abdulghader, E.; Alam, S.; Alghawzi, Q.; Bishop, J.; Hartmann, S.; Kaymaram, F. and Smith Vaniz, W.F., 2015.** *Thunnus tonggol*. The IUCN red list of threatened species 2015: e. T170351A57243599. http://www.iucnredlist.org/details/full/170351/26).

۱۱. **Darvishi, M.; Paighambari, S.Y.; Ghorbani, A.R. and Kaymaram, F., 2018.** Population assessment and yield per recruit of Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) in Northern of the Persian Gulf and Oman Sea (Iran, Hormozgan Province). Iranian Journal of Fisheries Sciences. Vol. 17, No. 4, pp: 776-789. DOI: 10.22092/ijfs.2018.116992.

۱۲. **FAO. 1993.** Fisheries Series No.40. Fisheries Statistics Series No. 111, 72 p.

۱۳. **Froese, R. and Pauly, D.E., 2018.** FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version 09/2018.

۱۴. **Fu, D.; Nergi, S.K. and Rajaei, F., 2019.** CPUE Standardizations for Neritic Tuna Species Using Iranian Gillnet Data 2008-2017. IOTC-2019-WPNT-17.

۱۵. **Glazer, J.P. and Butterworth, D.S., 2002.** GLM-based standardization of the catch per unit effort series for South African west coast hake, focusing on adjustments for targeting other species. South African Journal of Marine Science. Vol. 24, pp: 323-339.

۱۶. **Griffiths, S.P., 2010.** Stock assessment and efficacy of size limits on Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) caught in Australian waters. Fisheries Research. Vol. 102, pp: 248-257.

۱۷. **Gulland, J.A., 1983.** Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods. (Wily: New York.)

۱۸. **Hilborn, R. and Walters, C.J., 1992.** Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainly. Chapman and Hall, New York. 570 p.

۱۹. **Hinton, M.G. and Maunder, M.N., 2004.** Methods for standardizing CPUE how to select among them. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. Vol. 56, No. 1, pp: 169-177.

۲۰. **IFO. 2016.** Iran (Islamic Republic of) National Report to the Scientific committee of the Indian Ocean Tuna Commission, 2016. IOTC-2016-SC19-NR11. 22 p.

۲۱. **IOTC Sectariat. 2017.** Assessment of Indian Ocean Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) using data-limited methods. IOTC-2017-WPNT07-15 Rev_1.

۲۲. **IUCN. 2015.** IUCN red list of threatened species (ver. 2017.2). Available at: http://www.iucnredlist.org.

۲۳. **Khorshidi Nergi, S., 2014.** A Review of Iran Fisheries data and statistics with emphasis tuna fishes. IOTC-2014 WPDCS10-12 Rev_2.

۲۴. **Kumari, B.; Raman, M.; Narain, A. and Sivaprakasam, T.E., 1993.** Satelitte remote sensing for tuna fishing in Indian waters. In: Sudarsan, D. and John, M. E. (Eds.). Tuna research in India. pp: 157-166.

۲۵. **Maunder, M.N. and Punt, A.E., 2004.** Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fisheries Research. Vol. 70, pp: 141-159.

۲۶. **Mohri, M. and Kajikawa, Y., 2014.** Ecology of bluefin tuna and longtail tuna in the Sea of Japan based on mathematical and physical fisheries science consideration using chi-square test, cluster analysis, and linear discriminant analysis. Mathematical and Physical Fisheries Science. Vol. 11, pp: 22-43.

۲۷. **Naderi, R.A., 2017.** Importance of Neritic Tuna catch in I.R. Iran capture fishery. IOTC-2017-WPNT07-09.

۲۸. **Nelder, J.A. and Wedderburn, R.W.M., 1972.** Generalized linear models. Journal of Royal Statistical Society Series A. Vol. 137, pp: 370-384.

۲۹. **Nishida, T. and Chen, D.G., 2004.** Incorporating spatial autocorrelation into the general linear model with an application to the Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*)

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563

Longline CPUE data. Fisheries Research. Vol. 70, pp: 265-274.

۳۰. **Parsapoor, R., 2013.** Persian Gulf Science and Technology Park. http://www.pgstp.ir/uploads/PGSTP_English trans-1.png.

۳۱. **Pierre, L.; Geehan, J. and Herrera, M., 2014.** Review of the statistical data available for bycatch species. IOTC-2014 WPNT04-07. Rev_1. pp: 17-19.

۳۲. **Pillai, N.G. and Satheeshkumar, P., 2012.** Biology, Fishery, Conservation and Management of Indian Ocean Tuna Fisheries. Ocean Science Journal. Vol. 47, No. 4, pp: 411-433. DOI: 10.1007/s12601-012-0038-y.

۳۳. **Shih, C.L.; Chou, S.C.; Wang, H.Y. and Hsu, C.C., 2014.** Trial estimation of standardized catch per unit effort of Yellowfin Tuna by the Taiwanese Longline Fishery in the tropical waters of the Atlantic Ocean. ICCAT. Vol. 70, No. 6, pp: 2738-2762.

۳۴. **Venables, W.N. and Dichmont, C.M., 2004.** GLMs, GAMs and GLMM: an overview of theory for applications in fisheries research. Fisheries Research. Vol. 70, pp: 319-337.

۳۵. **Yesaki, M., 1994.** A review of the biology and fisheries for Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) in the Indo-Pacific region. FAO Fisheries Technical paper. Vol. 336, pp: 370-387.

(DOI): 10.22034/aej.2020.120563

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 3, Autumn 2020

Standardizing CPUE of Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) caught by Gillnet Fisheries fleet of Iranian waters of the Oman Sea using General Linear Model (GLM)

- **Seyed Hesam Kazemi*:** Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- **Seyed Yousef Peyghambari:** Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- **Parviz Zare:** Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- **Saeid Gorgin:** Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: July 2019 Accepted: October 2019

Key words: Gillnet, Longtail Tuna, Standardized CPUE, General Linear Model

Abstract

Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) is one of the most important Commercial and Neritic fish species which are widely distributed throughout neritic tropical and temperate waters of Indo-Pacific. The aim of this study was to determine relative index of abundance of Longtail Tuna from 2007 to 2016, also we evaluated effect of some explanatory variables (Year, Month, Vessel tonnage and net height) of catch per unit effort data in traditional gillnet fishery standardized by general linear model (GLM) in the Oman Sea. Standardized catch per unit effort is an important entrance in stock assessment as an annual abundance index. The results of this study have shown that year and month as explanatory variables influence CPUE significantly in GLM model with lognormal error distribution, but the increasingly effect of vessel tonnage and net height were not significant. Relative index of abundance of Longtail Tuna has shown increasing trend from 2007 to 2016 with the highest pick in 2013, that is shown catch rate can increase by raising catch effort. There is a seasonal trend in standard CPUE of Longtail Tuna with the highest catch rate in warm season. Monthly relative index of abundance has shown highest catch rate occurred in May and June.

* Corresponding Author's email: hesam_pep@yahoo.com