نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
ISSN: 2423-6349
دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۶۲-۴۹
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

شواهدی بر رد مدل وُن‌برتالنفی برای برازش منحنی رشد کوسه نوک‌تیز (*Carcharhinus macloti*) با استفاده از تحلیل مقایسه‌ای مدل‌های آماری غیرخطی

حسن صحرایی[۱]، محمد هرسیج[۲]، هادی رئیسی[۳*]، محمد قلی زاده[۳]، ضیاء کردجزی[۲]، Hiroyuki Matsuda[۴]

[۱]دانشجوی دکتری رشته تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
[۲]دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
[۳]استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
[۴]استاد گروه اکولوژی دانشگاه ملی یوکوهاما ژاپن

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲
پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۶

نویسنده مسئول مکاتبه:
هادی رئیسی، استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

ایمیل:
Raeisi_hadi@yahoo.com

چکیده

برآورد دقیق پارامترهای رشد ($L\infty$ و K) برای مدیریت صید و ذخایر ماهیان حیاتی است، زیرا مبنای ارزیابی پویایی جمعیت، تعیین میزان برداشت پایدار و جلوگیری از صید بی‌رویه را فراهم می‌کند.این مطالعه با هدف برآورد بهترین مدل رشد برای کوسه نوک تیز *Carcharhinus macloti*، از مهرماه ۱۳۹۸ تا اسفندماه ۱۴۰۰ در آب های شمال شرق خلیج فارس و شمال غرب دریای عمان انجام شد. در این مطالعه ۲۶۵ کوسه نوک تیزشامل، (ماده: ۱۵۶، و نر: ۱۰۹) مهرماه ۱۳۹۸ تا اسفندماه ۱۴۰۰ جمع آوری شد. پس از انتقال به آزمایشگاه و ثبت داده‌های زیست‌سنجی، داده‌های سنی به روش مستقیم و از طریق برش ستون مهره و خواندن حلقه های رشد زیر لوپ دوچشمی تهیه شد. سپس الگوی رشد با استفاده از مدل‌های آماری غیرخطی مختلف در نرم افزار پایتون نسخه ۳و۱۲ در محیط Jupyter Notebook و کتابخانه های متن باز Numpy و pandas مورد بررسی و تحیل قرار گرفت. کوسه های نر و ماده دارای میانگین طول کل به ترتیب، ۱/۵۲ ± ۶۳/۱۱ و ۲/۱۱ ± ۶۸/۵۹ سانتیمتر و میانگین سنی، ۱/۲ ± ۳/۷۴ و ۱/۵۶ ± ۵/۱۲ سال بودند. کارایی مدل‌ها از طریق مقایسه ضرایب Akaike (AIC) ارزیابی شد. بر اساس مدل اطلاعات بیزی BIC، برازش بهینه منحنی رشد در جنس ماده، در مدل‌های لجستیک، گامپرتز و اشنوت مشاهده شد در حالی که تفاوت معنی داری بین این سه مدل مشاهده نشد (۱۶/۲۳≤AIC≥۱۵/۵۶).در مدل ون برتالانفی میزان پارامترهای $L\infty$، K و t0 برای جنس نر و ماده به ترتیب، ۱۰۹/۷۷ سانتیمتر، ۰/۲۵۳ در سال و ۱/۰۷ – و برای جنس ماده به ترتیب، ۱۱۰/۷ سانتیمتر، ۰/۲۴۸ در سال و ۱/۰۷- بدست آمد. اما این مدل BIC و AIC کمترین اعتبار را بدست آورد. برای کوسه‌های نر نیز مدل های رشد گامپرتز، لجستیک و اشنوت بالاترین اعتبار را برای توصیف الگوی رشد ارائه کردند (۷/۳۱≤AIC≥۶/۰۱۹). نتایج این حقیقت را آشکار می‌سازد که بر خلاف باور عموم، مدل وُن برتالانفی برای برازش بهینه منحنی رشد در تمامی گونه‌های ماهیان حداکثر کاریی را ندارد و حداقل برای گونه مورد بررسی در این تحقیق باید از مدل های لجستیک، گامپرتز و اشنوت استفاده گردد.

واژه های کلیدی: کوسه نوک تیز، مدل رشد چند جمله ای، مدل رشد اشنوت، مدل رشد گامپرتز، مدل رشد لجستیک.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

مقدمه

حساسیت کوسه ماهیان به بهره‌برداری بیش از حد به واسطه تاریخچه زندگی و ویژگی‌هایی همچون لقاح درونی، رشد آهسته، بلوغ دیر رس، چرخه های تولید مثلی طولانی و طول عمر و باروری پایین آنهاست که بیشتر به پستانداران بزرگ شبیه میباشند تا ماهیان استخوانی(Miller *et al*., 2015). به طور کلی کوسه‌ها در مقایسه با ماهیان استخوانی همچون تن‌ماهیان صید شده در مناطق ساحلی و دریاهای آزاد، بدلایلی همچون اطلاعات و آمار کاملاً محدود در مورد صید، میزان فراوانی در هر منطقه و تاریخچه زندگی به خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته اند(Musyl MK, Gilman, 2018). از طرفی دیگر بواسطه اینکه بیشتر کوسه ماهیان به عنوان شکارچیان برتر در اکوسیستم‌های دریایی عمل می‌کنند و بدلیل فراوانی کمتر نسبت به بسیاری از ماهیان استخوانی اغلب از اهداف صیادی در مقیاس بزرگ نیز هستند، بنابراین بسیار مستعد صید بی رویه هستند. در همین راستا برخی از مطالعات صورت گرفته در رابطه با تجارت کوسه ماهیان نیز نشان میدهد که صید فعلی برخی از گونه‌ها مانند کوسه آبی بسیار بیشتر از میزان صید گزارش شده به سازمان غذا و کشاورزی (FAO) و سازمان‌های مدیریت منطقه‌ای شیلاتی بوده است(Clarke, 2003; Clarke *et al*., 2006).

طی دو دهه گذشته صید کوسه ماهیان خصوصا در مقیاس صنعتی در سراسر جهان رشد فوق العاده ای را تجربه کرده اند. به طوریکه علاوه بر منابع صید مستقیم، این گونه آبزیان اغلب بصورت صید ضمنی و ناخواسته نیز بصورت توده های عظیم در ابزارهای صیادی مربوط به تن ماهیان گرفتار میشوند، که این عمل خود به خود منجر به فشار بهره‌برداری بی‌سابقه‌ای بر بسیاری از جمعیت‌های کوسه ماهیان شده است(Poisson *et al*., 2012).

خانواده *Carcharhinidae* یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین خانواده‌های کوسه ماهیان در دنیا می‌باشد. در بین کوسه‌های دنیا سومین خانواده و در مناطق گرمسیری از لحاظ تنوع گونه‌ای، فراوانی و مقدار توده‌ی زنده غالب‌ترین گونه می باشد (Fischer and Bianchi, 1984). در این خانواده جنس *Carcharhinus* با داشتن حدود ۳۰ گونه انتشار جهانی داشته و در آب‌های گرم و معتدله غالب هستند. در منطقه غرب اقیانوس هند ۲۱ گونه از این جنس وجود دارد که ۱۳ گونه آن از خلیج فارس و دریای عمان گزارش شده‌اند و در این بین، ۱۱ گونه از جنس مزبور مربوط به آب‌های استان هرمزگان می‌باشند.

کوسه نوک تیز *(Carcharhinus macloti)* از لحاظ ریخت‌شناسی یک کوسه باریک کوچک است که، حداکثر طول این گونه می‌تواند به ۱۱۰ سانتیمتر برسد (1994، Last and Stevens). دارای پوزه‌ای نوک تیز و بلند می-باشد. کوسه نوک تیز زنده‌زاست، ماده‌ها یک یا دو بچه پس از یک دوره حاملگی ۱۲ ماهه بدنیا می‌آورند. میزان تولیدمثل کم آنها باعث حساسیت و افزایش فشار صیادی و آسیب سراسری به دامنه زندگی آنها می‌شود. اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) این گونه را جز گونه‌های نزدیک به خطر انقراض طبقه‌بندی کرده است (Compagno and Niem, 1998).

در مطالعه Raesi (2016)، روی روند انقراض کوسه چانه سفید درخلیج فارس مشخص شد که جمعیت کوسه چانه سفید بین سال های ۲۰۴۵ تا ۲۰۵۵، در ۳صورت ادامه وضع موجود منقرض خواهد شد. یکی از دلایل روند انقراض سریع جمعیت کوسه در خلیج فارس رشد نگران کننده صید قاچاق می باشد. در سال های اخیر میزان شناورهای صید غیر مجاز در خلیج فارش افزایش چشمگیری داشته است. سازمان شیلات ایران و محیط زیست، صید کوسه را ممنوع اعلام کرده اند. اما جمعیت کوسه ها در خلیج فارس از مسله IUU FISHING رنج می برد (daliri, 2016). فقدان مدیریت مشارکتی ، تعارض منافع و ضعف حاکمیت پذیری در جامعه صیادی سبب شده است که برنامه های موجود نتواند اثر معنی داری بر نجات ذخایر کوسه ماهیان از روند انقراض داشته باشد (Kamrani, 2020، Ghayomi 2020، Daliri, 2016).

به طور کلی با توجه مطالب ذکر شده در فوق، هنگامی که اطلاعات و داده‌های مربوط به صید یک گونه هر چند بمقدار اندک در دسترس و قابل ارزیابی و تجزیه و تحلیل باشد، آنگاه

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

راه حل‌های مختلفی جهت تعیین سطح پایداری منابع و جمعیت گونه مورد نظر وجود دارد. از اینرو در جهت ارزیابی اینکه آیا میزان صید برداشت شده از یک ذخیره درگذشته باعث کاهش جمعیت معین شده است یا خیر، می توان از مدل های پویایی شناسی بر پایه اطلاعاتی همچون داده های مربوط به میزان صید، شاخص های رشد و فراوانی بهره برد. اطلاع از پارامترهای رشد و مرگ و میر کوسه‌ها می‌تواند کمک زیادی در مدیریت صید این گونه‌های ارزشمند داشته باشد. اما متأسفانه مطالعات اندکی در مورد ذخایر و زیست شناسی گونه های کوسه در جنوب کشور در آب های خلیج فارس و دریای عمان صورت گرفته است (Asadi, 2001; Raeisi, 2016, pordelan et al, 2023, Mohammadi et al, 2023; Raeisi et al., 2017).

غالباً در مطالعات مربوط به رشد آبزیان از معادله رشد فون برتالانفی استفاده می‌شود. اما دلیلی وجود ندارد که معادله رشد فون برتالانفی تنها مدل رشد هست و همیشه بهترین پاسخ را می‌دهد (Haddon, 2011). مطالعات جدید بیانگر این است که برای توصیف نحوه رشد آبزیان مدل‌های دیگری مناسب‌تر است و برای پیدا کردن بهترین مدل رشد باید بین مدل‌های مختلف رشد مقایسات صورت گیرد و بهترین مدل انتخاب شود (Raeisi, 2016). ۶ مدل رشد رایج شامل مدل رشد دو جمله ای، چند جمله ای ، فون برتلانفی، اشنوت و لجستیک برای بررسی رشد آبزیان استفاده می شود (haddon, 2011). یک مدل پویایی جمعیت متناسب با داده‌های رشد و مرگ و میر می‌تواند در جهت تعیین سطح میزان صید پایدار و اینکه آیا میزان صید باید کاهش یابد تا جمعیت بتواند به سطح سالم و بازسازی برسد، استفاده شود. (Campana et al., 2008; McAllister et al., 2008; Walker et al., 2008).

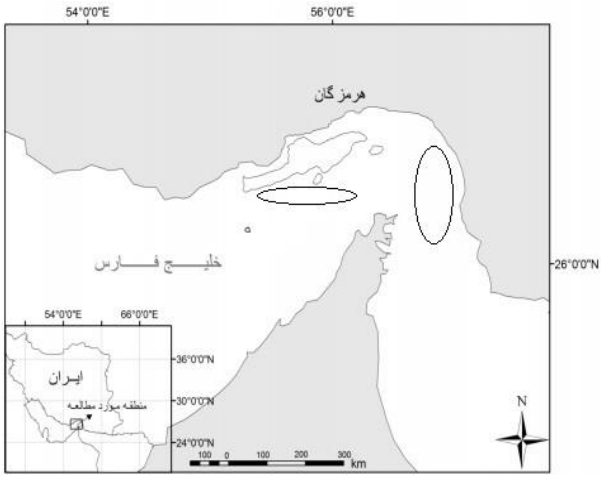
با توجه به فشار فزاینده صیادی و مرگ‌ومیر بالای صید ضمنی کوسه‌ها در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان (raeisi , 1395)، تعیین دقیق پارامترهای رشد برای گونه‌های بومی نظیر *Carcharhinus macloti* برای مدل‌سازی پویایی جمعیت، برآورد بهره‌برداری پایدار و طراحی اقدامات حفاظتی ضروری است. محدودیت مطالعات موجود بر روی این گونه، ناهمخوانی بالقوه مدل‌های کلاسیک مانند فون‌برتالانفی برای کوسه‌های کندرشد و گزارش‌های متفاوت از الگوهای رشد در جنس‌ها، لزوم رویکرد چندمدلی و انتخاب مبتنی بر معیارهای اطلاعاتی (AIC/BIC) را برجسته می‌کند. هدف این پژوهش برآورد پارامترهای رشد و مقایسه عملکرد مدل‌های گوناگون (VB, Gompertz, Logistic, Schnute, Polynomial) بر داده‌های طول–سن منطقه‌ای است تا بهترین مدل سازگار با واقعیت زیستی انتخاب و مبنایی برای ارزیابی ذخایر و مدیریت صید فراهم شود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف تعیین بهترین مدل رشد کوسه نوک تیز (*Carcharhinus macloti*) از دیماه سال ۱۳۹۸ تا اسفندماه سال ۱۴۰۰ در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان (محدوده استان هرمزگان) صورت گرفت. در این مطالعه با استقرار بر روی شناورهای ترال میان آبی یال اسبی (سال ۱۳۹۸)، تورهای ترال فانوس ماهی و تورهای گوشگیر کوسه های صید شده که بصورت صید ضمنی در ترکیب صید وجود داشتند جمع آوری و بیومتری شد. همچنین با سرکشی به یخچال های منطقه سلخ در جزیره قشم که محل نگهداری کوسه های صید شده در خلیج فارس و دریای عمان عمدتا در این منطقه تخلیه و نگهداری می شوند عملیات نمونه برداری صورت گرفت. در این مطالعه ۲۶۵ کوسه نوک تیز شامل ۱۰۹ کوسه نر و ۱۵۶ کوسه ماده جمع آوری شد (شکل ۱).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]



شکل ۱- موقعیت منطقه صید کوسه نوک تیز در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان در محدوده استان هرمزگان

طول کل با استفاده از تخته بیومتری از نوک پوزه تا نوک باله دمی در حالتی که دم به سمت مرکز خم شده با دقت یک میلی‌متر و وزن کل نمونه‌ها به وسیله ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم انداه‌گیری گردید. سپس تعیین جنسیت از طریق بررسی حضور گیره لقاح در نرها و عدم حضور آن در ماده ها صورت گرفت (Compagno, 1984). تعیین سن نمونه‌ها از روی چهار ستون مهره اول انجام گردید و بعد از آماده سازی و خشک کردن ستون مهره به وسیله دستگاه میکروتوم برش زده و نمونه‌های بدست آمده با استفاده از لوپ دوچشمی با بزرگمنایی ۱۰ تا ۴۰ به تشخیص حلقه‌های سالیانه رشد در دو مرحله پرداخته شد (Cailliet and Goldman, 2004).

از یک رویکرد اطلاعاتی-تئوریکی به نام استنتاج چند مدلی (MMI) جهت مدلسازی رشد استفاده شد (Burnham and Anderson 2001; Katsanevakis and Maravelias 2008). مجموعه‌ای از ۳ مدل دلخواه انتخاب شد و با داده‌های طول-در سن برازش شد. این مدل‌ها شامل یک نسخه سه پارامتری از معادله رشد فون برتالانفی (VB)، یک نسخه سه پارامتری از معادله Gompertz (GOM) و منحنی رشد لوجستیک (LOG) بودند. هر مدل نشان‌دهنده فرض H_1 برای رشد بود، و در هر مورد، رشد نامتقارن فرض می‌شد. مدل‌ها با استفاده از روش حداقل مربعات غیر خطی در نرم افزار اکسل و پایتون برازش شدند.

مدل‌های رشد بررسی‌شده

پنج مدل رایج برای رشد مورد مقایسه قرار گرفتند :فون برتالانفی، گامپرتز، لجستیک، اشنوت، و مدل چندجمله‌ای درجه سوم .فرمول‌های این مدل‌ها به شرح زیر هستند:

مدل رشد فون برتالانفی

$$L_t = L_\infty(1 - \exp(-K(t - t_0))$$

طول ماهی در سن t

L_∞ طول بی‌نهایت (یا طول نهایی که ماهی به آن نزدیک می‌شود)

K ضریب رشد (نرخ رشد نسبی)

t0 سنی که در آن رشد آغازین مشخص شده (نقطه انحنا در منحنی)

این مدل تاکید بر نزدیک شدن تدریجی طول ماهی به طول بی نهایت را دارد بر اساس این مدل آبزیان در ابتدا زندگی رشد سریعی دارند ولی هر چه منحنی به سمت جلو حرکت می کند و با افزایش سن سرعت رشد کندتر و بطئی تر می گردد.

مدل رشد گامپرتز

$$Lt = L_\infty * exp\left[e^{-k(t-t_0)}\right]$$

طول ماهی در سن t

L_∞ طول بی‌نهایت (یا طول نهایی که ماهی به آن نزدیک می‌شود)

K ضریب رشد (نرخ رشد نسبی)

t0 سنی که در آن رشد آغازین مشخص شده (نقطه انحنا در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

منحنی)
اساس این مدل بر رشد نامتقارن است. مفروض این مدل نیز کند شدن رشد در سنین بالاتر است. مدل گامپرتز معمولا در موجوداتی که در ابتدای زندگی رشد سریع دارند و سپس روند رشد کند می گردد پاسخ خوبی می دهد.

مدل رشد لجستیک

$$L_{(T)}=\frac{L_{\infty}}{1+e^{-k(t-tm)}}$$

طول ماهی در سن t
L_{∞} طول بی‌نهایت (یا طول نهایی که ماهی به آن نزدیک می‌شود)
K ضریب رشد (نرخ رشد نسبی)
tm = نقطه عطف سن
مدل لجستیک بر رشد متقارن حول نقطه میانی سن tm که در واقع نقطه عطف منحنی می باشد تاکید دارد. در این مدل سرعت رشد در ابتدا و انتهای زندگی کندتر و سنین میانی زندگی کندتر است.

مدل رشد اشنوت

$$L_t=\left[L_b^1+\frac{{}_1^bL_2^b-L}{1-e^{-a(t_2-t_1)}}*\left(1-e^{-a(t-t_1)}\right)\right]^{1/b}$$

L_1 و L_2طول در سنین مرجع t_1 و t_2
a و b : پارامترهای مدل
مدل اشنوت یک مدل بسیار انعطاف‌پذیر است که می‌تواند شکل‌های مختلف محنی های رشد (فون برتالانفی، لجستیک یا گامپرتز) را دربرگیرد. این مدل تأکید بر کاربرد عمومی در تحلیل داده‌های رشد دارد حتی زمانی که مدل استاندارد مناسب نباشد.

مدل چندجمله‌ای درجه سوم و درجه دوم

این مدل بر پایه رگرسیون چندجمله‌ای است و از لحاظ زیستی تعبیر مستقیمی ندارد، اما برای برازش داده‌ها در شرایط خاص کاربرد دارد:

$L(t) = a\cdot t^3 + b\cdot t^2 + c\cdot t + d$

ضرایب a، b، c از طریق رگرسیون خطی برازش داده شدند. مدل چند جمله ای ساده و انعطاف‌پذیر است اما فاقد زیربنای بیولوژیکی مشخص بوده و بیشتر برای برازش داده‌ها به کار می‌رود. مدل چند جمله ای صرفا ریاضی و فاقد مبنای بیولوژیکی است.

برازش مدل‌ها

پارامترهای مدل‌ها با استفاده از روش کمترین مربعات غیرخطی برای چهار مدل اول، و رگرسیون خطی برای مدل چندجمله‌ای تخمین زده شدند .برای ارزیابی کیفیت برازش، از دو معیار» منفی لاگ لایکلی‌هود (NLL) «و» ضریب اطلاعات (AIC) و مدل اطلاعات بیزی استفاده شد.

مقایسه مدل‌ها

کارایی مدل‌ها نسبت به یکدیگر با استفاده از ضریب اطلاعاتی Akaike (AIC) ارزیابی شد. بهترین مدل، مدلی است که کمترین مقدار AIC، AIC_{min} را دارد. تفاوت‌های AIC به صورت $\Delta_{AICi} = AIC_i - AIC_{min}$ محاسبه شد و جهت حمایت از مدل‌های باقیمانده (I=1-3) نسبت به بهترین مدل رتبه گذاری شد. مدل‌هایی که Δ_{AICi} آن‌ها بین ۰ تا ۲ بود، اعتبار اساسی داشتند، در حالی که مدل‌هایی که Δ_{AICi} آنها بین ۴ تا ۷ بود بطور قابل توجهی اعتبار کمتری داشتند. مدل-هایی با Δ_{AICi} بالاتر از ۱۰ ضرورتاً هیچ گونه حمایتی نداشتند (Burnham and Anderson, 2001). وزن-های Akaike (w) به صورت وزن گواه به نفع مدلی که بهترین مدل در مجموعه مدل‌های دلخواه است، محاسبه شدند (Burnham and Anderson, 2001, Haddon, 2011). مقدار کمتر NLL و AIC نشان‌دهنده برازش بهتر مدل است .مدلی که کمترین مقدار AIC و BIC را را داشته باشد، به‌عنوان بهترین توصیف‌کننده رشد کوسه نوک تیز در نظر گرفته شد. تمام محاسبات و ترسیم‌ها با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون و کتابخانه‌هایNumPy، SciPy ، pandas، Matplotlib و openpyxl انجام شدند.

برای برازش مدل‌های رشد، از روش کمترین مربعات غیرخطی (Non-linear Least Squares) استفاده شد که بر پایه حداقل‌سازی مجموع مربعات تفاضل بین طول مشاهده‌شده و طول پیش‌بینی‌شده توسط مدل عمل می‌کند . این روش با استفاده از تابع بهینه‌سازی-Levenberg Marquardtدر کتابخانه SciPy پیاده‌سازی شد. همچنین این مدل ها در نرم افزار اکسل نیز با استفاده از روش حداقل مربعات غیر خطی برازش گردید (Haddon, 2011):

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

$$SSQ = \sum(Observed - Expected)^2$$

$$SSQ = \sum(Y - (a + bX)^2$$

SSQ مجوع مربعات باقی مانده می‌باشد و از معیارهای مورد استفاده برای برازش، روش حداقل مربعات است. همچنین وجه تسمیه این روش آن است که به دنبال مقادیری از پارامترها است که مربع اختلافات بین داده‌های مشاهده شده و پیش بینی‌های مدل و مقادیر پارامترهای خاص را به حداقل برساند (Haddon, 2011).

.برای مدل چندجمله‌ای، از رگرسیون خطی معمولی (Ordinary Least Squares)یا OLS و برازش بوسیله افزونه SOLVER در اکسل انجام شد.

برای مقایسه توزیع فراوانی طولی بین دو جنس نر و ماده از آزمون کلموگراف-اسمیسرنف دو نمونه ای استفاده شد.

نتایج

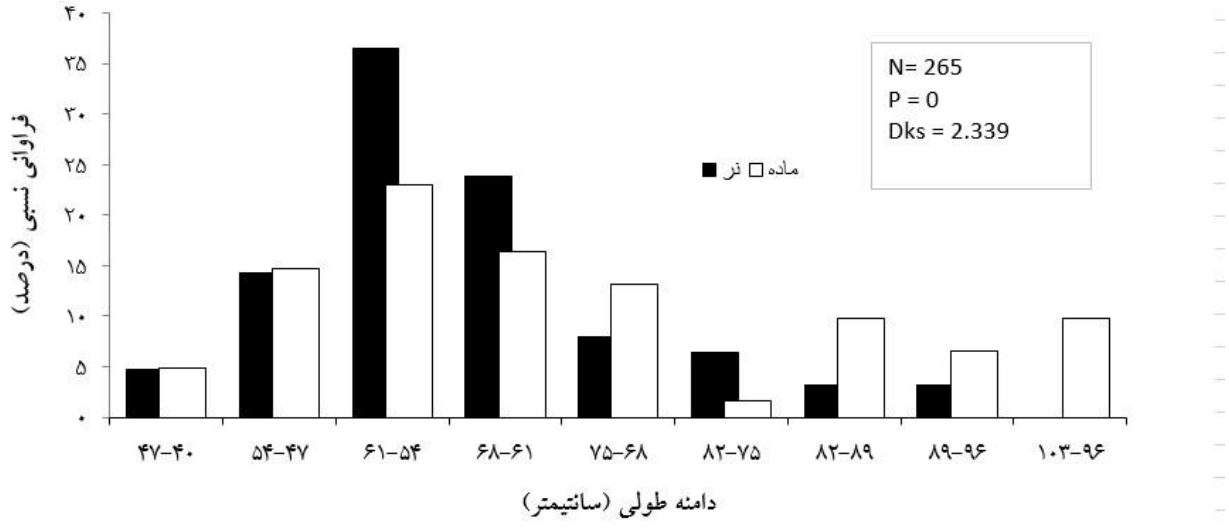
آمارهای توصیفی طولی و وزنی برای ۲۶۵ کوسه نوک تیز، شامل ۱۵۶ کوسه ماده و ۱۰۹ کوسه نر در صیدگاه های استان هرمزگان محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱ - میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر طول کل (سانتی‌متر) و وزن کل (گرم) کوسه نوک تیز

پارامتر	طول				وزن			
جنسیت	حداقل	حداکثر	میانگین	خطای‌معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	خطای‌معیار
نر	۴۱/۲	۹۶/۱	۶۳/۱	۱/۵	۲۱۰	۳۳۰۰	۱۲۳۹/۳	۴۴/۷
ماده	۴۳/۵	۱۰۳	۶۸/۵	۲/۱	۴۱۲	۴۶۲۰	۱۵۹۰/۹	۵۱/۷
کل	۴۱/۲	۱۰۳	۶۵/۳	۱/۲	۲۱۰	۴۶۲۰	۱۳۷۹/۲	۳۵/۷

- **در این محاسبات طول و وزن جنین های آماده تولد خارج شده از کیسه رحمی کوسه نوک تیز گنجانده نشد.**

آزمون کولموگراف-اسمیرنف نشان داد که بین توزیع فراوانی طولی دو جنس کوسه نوک تیز اختلاف معنی داری وجود دارد (D_{KS}=۲/۳۳۲ ، N = ۲۶۵) (شکل ۲).



شکل۲- مقایسه توزیع فراوانی طولی برای جنس نر و ماده کوسه نوک تیز در صیدگاه‌های استان هرمزگان

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

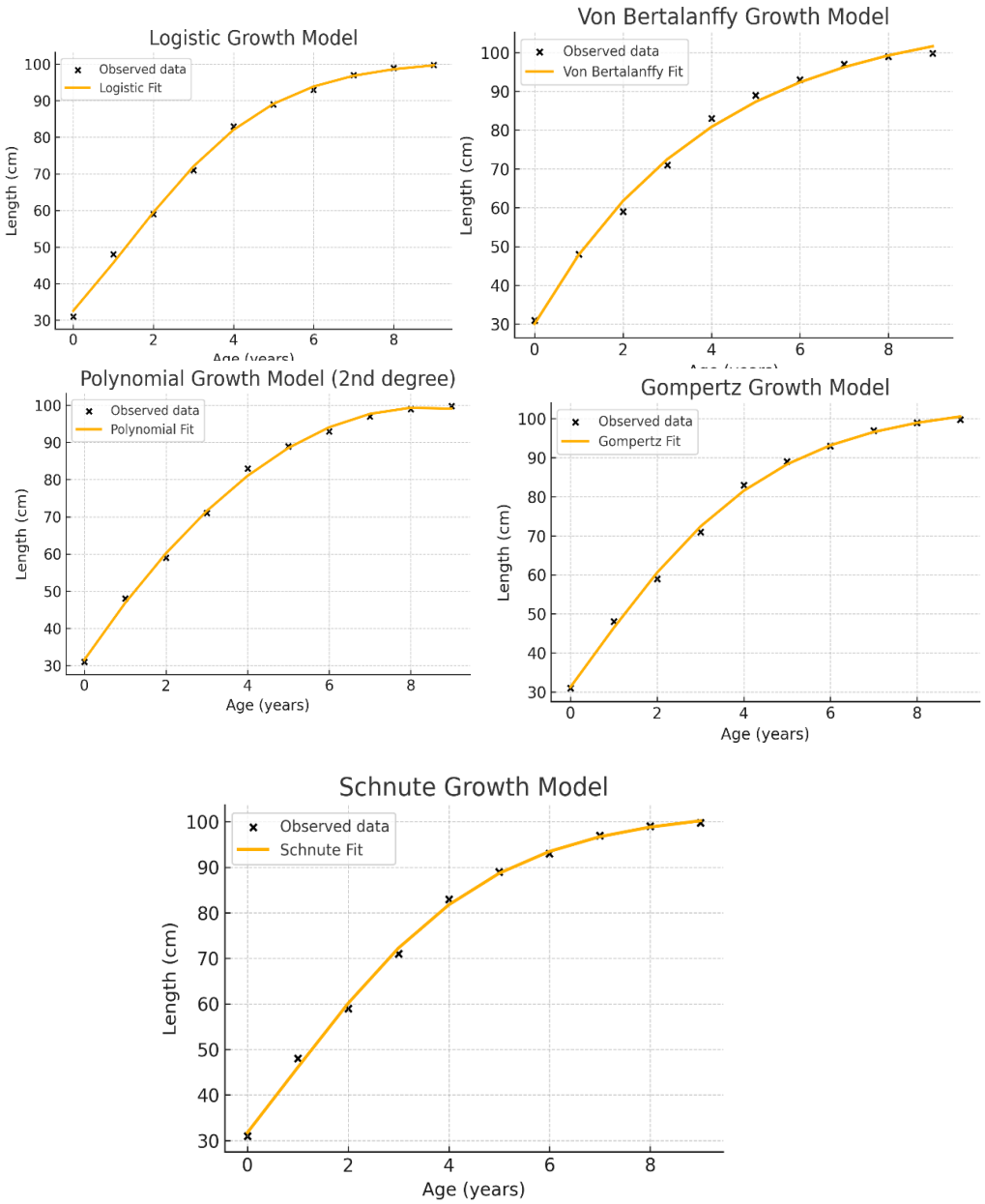
[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

پارامترهای رشد

بعد از تعیین سن ستون مهره ها، ۱۱ گروه سنی در جنس ماده و۸ گروه سنی در جنس نر مشاهده شد. بیشینه سن مشاهده شده برای جنس ماده کوسه نوک تیز ۱۱ سال بود که در طول کل ۱۰۳ سانتیمتر بدست آمد، همچنین بیشینه سن مشاهده شده برای جنس نر سن ۸ سال بود که این ستون مهره متعلق به کوسه ای با طول کل ۹۶/۱ سانتیمتر بود.

رویکرد چند مدلی برای مطالعه رشد

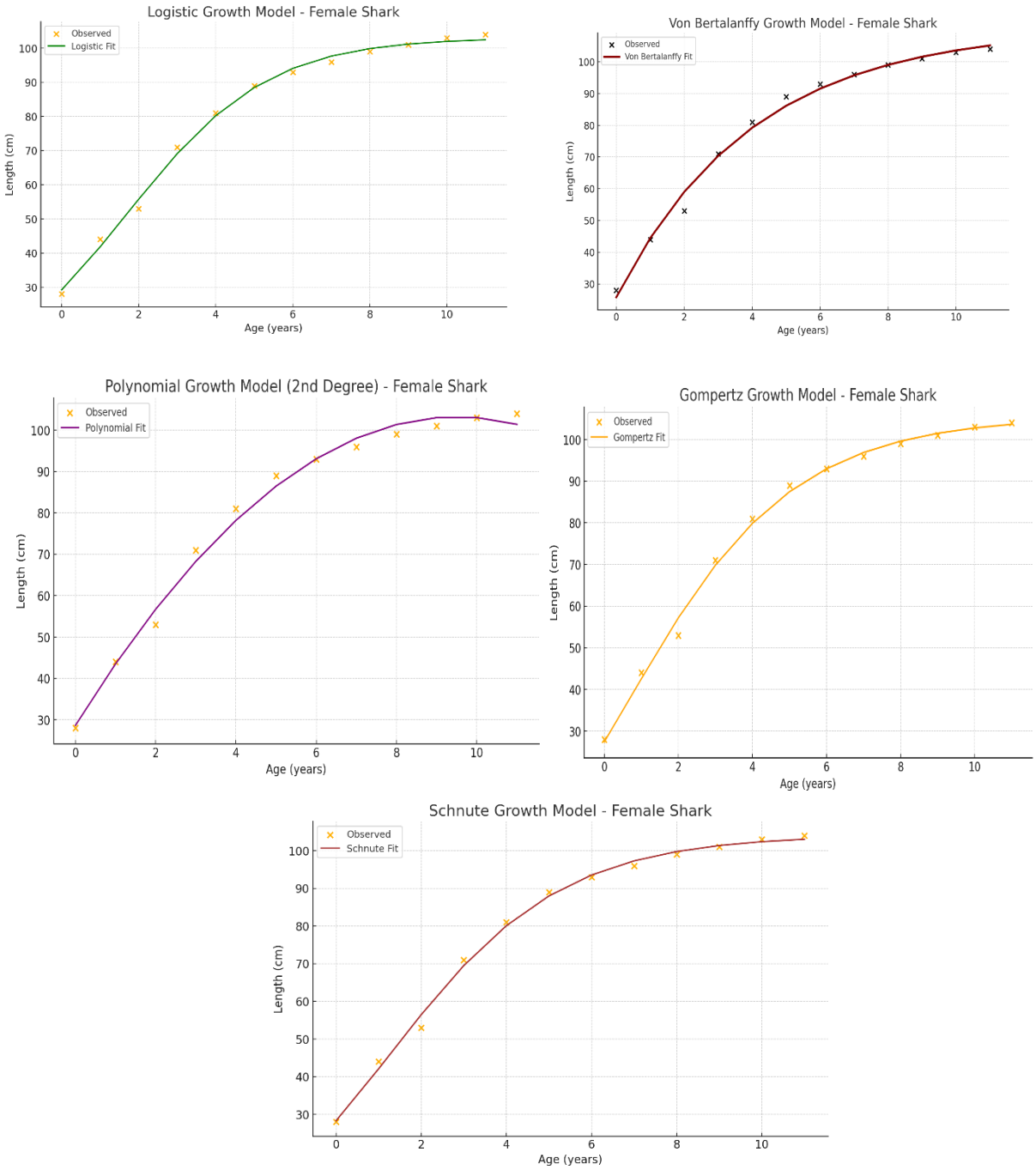
در این مطالعه از ۵ مدل لجستیک،گامپرتز،اشنوت، فون برتالانفی و چند جمله ای برای ترسیم منحنی های رشد جنس ماده و نر کوسه نوک تیز در منطقه مورد مطالعه در آب های خلیج فارس و دریای عمان در نرم افزار پایتون و استفاده از کتابخانه های علمی numpy و pandas استفاده شد (شکل ۳ و شکل ۴).



شکل ۳: منحنی‌های رشد ترسیم شده توسط مدل‌های مورد بررسی برای جنس نر کوسه نوک‌تیز در آب های استان هرمزگان

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]



شکل ۴: منحنی های رشد ترسیم شده، برای کوسه نوک تیز ماده در آب های خلیج فارس و دریای عمان

بررسی ۵ منحنی رشد از طریق ضریب اطلاعاتی AIC مدل اطلاعاتی بیزین BIC نشان داد که با اینکه بهترین تخمین را مدل لجستیک برای توصیف نحوه رشد جنس ماده نشان می دهد و بهترین برازش را داده های طول-سن بدست آمده از تعیین سن ستون مهره های جنس ماده کوسه نوک تیز با این مدل نشان داد اما مدل گامپرتز و اشنوت نیز برای توصیف نحوه تغییرات طول به سن جنس ماده کوسه نوک تیز اعتبار بسیار بالایی را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که استفاده از مدل فون برتالانفی برای توصیف رشد کوسه نوک تیز ماده هیچ اعتبار علمی ندارد (جدول ۲).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

برای کوسه نوک تیز نر به ترتیب مدل های رشد گامپرتز، لجستیک و اشنوت نیز با اعتبار بالا میتوان برای توصیف نحوه رشد کوسه نوک تیز نر استفاده کرد. میزان پارامترهای طول بی نهایت $L\infty$، ضریب رشد K و نقطه عطف سن tm برای مدل لجستیک به عنوان بهترین مدل برای جنس ماده بعد از برازش به ترتیب، ۱۰۶/۱۱ سانتیمتر، ۰/۳۴ در سال و ۱/۷ سال بدست آمد. میزان پارامترهای طول بی نهایت $L\infty$، ضریب رشد K و t0 برای جنس نر نیز بعد از برازش به روش حداقل مربعات غیر خطی به تریب ، ۱۰۳/۹ سانتیمتر، ۰/۴ در سال و ۰/۴۶ بدست آمد. نتایج این مدل نشان داد که مدل فون برتالانفی برای توصیف نحوه رشد کوسه نوک تیز در هر دو جنس هیچ اعتباری ندارد (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه سه مدل رشد برای کوسه نوک تیز نر، ماده صید شده در صیدگاه های استان هرمزگان واقع در شمال شرق خلیج فارس و شمال غرب دریای عمان. ΔAIC اختلاف بین میزان AIC بین بهترین مدل و هریک از مدل ها است. بیزین AIC (BAIC) نیز برای مدل‌ها محاسبه شد.tm: نشان دهنده نقطه عطف سن در مدل لجستیک بود.

جنس	مدل	تعداد	BAIC	AIC	پارامترها	NLL
ماده	VB3	۱۵۶	۲۶/۱۷	۲۴/۷۱	L∞ =۱۱۰/۷ K =۰/۲۴۸ t0 = -۱/۰۷	-۲۶/۳۸
	GOM	۱۵۶	۱۷/۰۱	۱۵/۵۶	L∞ =۱۰۵/۴۹ K = ۰/۳۹۵ t0 = - ۰/۷۴۰	-۲۱/۸۰
	LOG	۱۵۶	۱۶/۹۷	۱۵/۵۲	L∞ =۱۰۶/۱۱ K = ۰/۳۴ tm = ۱/۷	-۲۱/۷۸
	Schnute	۱۵۶	۱۸/۰۷	۱۶/۲۳	y1 = ۲۸/۳ y2 = ۱۰۳/۰۶ a = ۰/۴۴۶ b =۰/۴۷۴	-۲۱/۱۴
	Polynomial	۱۵۶	۲۶/۰۹	۲۴/۶۳	a = -۰/۸۲۵ b = -۱۵/۶۹ c =۲۸/۶۵	-۲۶/۳۴
نر	VB3	۱۰۹	۱۵/۰۵	۱۴/۵	L∞ =۱۰۹/۷۷ K = ۰/۲۵۳ t0 = -۱/۲۶	-۱۸/۲۶
	GOM	۱۰۹	۷/۰۶	۶/۰۱۹	L∞ =۱۰۳/۹ K = ۰/۴۰ t0 = - ۰/۴۶	-۲۴/۲۴
	LOG	۱۰۹	۷/۹۶	۷/۰۵	L∞ =۱۰۱/۱۷ K = ۰/۵۵۰ tm = - ۱/۳۵	-۱۴/۷۱
	Schnute	۱۰۹	۸/۱۵	۷/۳۱	y1= 31.75, y2= 100.2, a= 0.458, b= -0.01	-۱۳/۸۴
	Polynomial 2	۱۰۹	۶/۷۱	۵/۸۱	$Lt = 0.97t^2+16.27t+31.50$	-۲۴/۰۹

شاخص فای پریم مونرو Φ' برای جنس نر و ماده به ترتیب ۳/۴۴ و ۳/۳۶ بدست آمد.

$\boldsymbol{\phi = \log 0.395 + 2log105}$ =ماده ۳/۶۳

$\boldsymbol{\phi = \log 0.55 + 2log101.17}$ =نر ۳/۷۴

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

بحث

بر اساس گزارش‌های جهانی، حداکثر طول ثبت‌شده برای گونه *Carcharhinus macloti* در FishBase. ۱۱۰ سانتیمتر ذکر شده است در مورد حداقل طول صید شده گزارشی ذکر نشده است. دامنه طولی نمونه‌های جمع آوری شده در این مطالعه نرها در محدوده 96.1–41.1 سانتی متر و ماده‌ها در محدوده 103–43 سانتی‌متر قرار داشتند. این دامنه نشان می‌دهد که داده‌های جمع‌آوری شده پوشش طولی مناسبی دارند، هرچند تمایل به سمت نمونه‌های نابالغ بیشتر است. این موضوع می‌تواند توضیح دهد که چرا مدل فون برتالانفی در بسیاری از موارد برازش ضعیفی داشت. (Simpfendorfer et al. 2002; Braccini et al. 2007, Raeisi, 2016).

از سوی دیگر، صید این گونه با مخاطرات جدی همراه است زیرا اغلب نابالغین صید می‌شوند .انتخاب‌پذیری ادوات صیادی مانند چشمه تور یا اندازه قلاب نقش تعیین‌کننده‌ای در این مسئله دارد .برای کاهش این تهدیدات، راهکارهایی نظیر اصلاح چشمه تور، ممنوعیت صید در نواحی حساس، و اعمال محدودیت بر صید نابالغین پیشنهاد می‌شود.

همچنین این امر ممکن است به قابلیت انتخاب پذیری ابزار صید و اثرات مرگ و میر صیادی بر دامنه های طولی خاص به علت انتخاب پذیری چشمه تور و یا سایر ادوات صیادی نظیر سایز قلاب و غیره باشد (Walker et al. 1998; Thorson and Simpfendorfer 2009).

اختلاف سن بدست آمده در این مطالعه برای کوسه نوک تیز نر و ماده ۳ سال بدست آمد. در مطالعات دیگر روی گونه های خانواده Carcharhinidae ، اختلاف سن ۳ تا ۵ سال بین دو جنس نر و ماده مشاهده شده است (Harry 2013, Raeisi et al., 2016., Raeisi et al, 2017, Pordelan, 2022).

به علت فقدان مطالعه مشابه روی پارامترهای رشد کوسه چانه سفید میزان K و L_∞ با گونه هایی از جنس Carcharhinus مقایسه شد (جدول ۳).

جدول ۳: پارامترهای رشد طول بی نهایت بر حسب سانتیمتر (L_∞) ، ضریب رشد سالیانه K و شاخص Ø، برای گونه های مختلف خانواده carcharhinidae در مناطق نزدیک به منطقه مورد مطالعه

گونه	L_∞		K		Ø		مکان	نویسنده
	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده		
C. tilstoni	۱۰۵/۶	۱۲۶/۶	۰/۹۱	۰/۳۳	۴	۳/۷۱	استرالیا	Harry و همکاران (۲۰۱۳)
C. sorrah	۱۶۹/۸	۲۱۸/۸	۰/۱۴	۰/۰۸	۳/۶	۳/۵۸	استرالیا	Harry و همکاران (۲۰۱۳)
Carcharhinus leucas	۱۸۹	۱۸۰	۰/۱	۰/۰۶	۳/۷	۳/۵۵	آمریکا	Natanson و همکاران (۲۰۱۴)
Carcharhinus limbatus	۱۳۴	۱۶۰	۰/۲۸	۰/۲۰	۳/۸۸	۳/۸۷	Tampa bay (فلوریدا)	Killam and Parson (1989)
Carcharhinus brachyurus	۳۸۵		۰/۰۴		۳/۷۵		افریقای جنوبی	Walter and Ebert (1991)

مقایسه شاخص فای پریم مونرو بیانگر نرمال بودن توزیع آن و نشانگر صحت K و L_∞ برآورد شده است. پارامترهای بهینه برآورد شده (L_∞) و (K با گزارش‌های سایر گونه‌های نزدیک از جنس Carcharhinus در مناطق مختلف جهان مقایسه شدند .نتایج نشان داد که شاخص فای پرایم (φ') در این مطالعه نرمال بوده و صحت برآوردها را تأیید می‌کند .

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

همچنین مقایسه‌ها نشان داد که پارامترهای رشد در محدوده مقادیر گزارش‌شده برای گونه‌های مشابه از استرالیا، آمریکا و آفریقای جنوبی قرار دارد.

در این مطالعه از طریق تعیین سن ستون مهره‌ها بیشترین سن برای جنس ماده ۱۱ سال و برای جنس نر ۸ سال بدست آمد. اما نتایج مطالعات روی گونه‌های مشابه نشان می‌دهد که نتایج تعیین سن ستون مهره‌ها در گونه‌های خانواده Carcharhinidae معمولاً یافته های علمی تر و دقیق تری نسبت به دیگر روش ها برای محققین فراهم می کند (Harry, et al, 2013). اما بعضی از مطالعات پیشنهاد کرده اند که از تلفیق چندین روش تعیین سن ستون مهره، تگ-گذاری و غیره بطور همزمان استفاده شود (Stevens et al, 2000., Last and Stevens, 2009)؛ چون در تعیین سن ستون مهره ممکن است در سنین بالا حلقه‌های رشد بخوبی شکل نگیرند (Casey and Natansons, 1992).

نتایج این مطالعه روی برازش مدل های رشد رایج بر روی داده های طول-سن بدست آمده از تعیین سن ستون مهره برای کوسه نوک تیز *Carcharhinus macloti*، نشان داد که برخلاف دیدگاه رایج در مورد مدل فون برتالانفی این مدل برای توصیف مدل رشد جنس نر و ماده هیچ حمایت علمی را بدست نیاورد. مطالعات مشابهی در سال های اخیر نشان داده اند که مدل فون برتالانفی برای توصیف رشد گونه های کند رشد مانند کوسه ها غالبا منطبق بر داده های زیستی واقعی نیست (Haddon, 2011, Raeisi, 2017, Simpfendorfer et al., 2002؛Pordellan, 2022).

نتایج حاصل از تحلیل پنج مدل رشد متفاوت بر روی داده‌های طول-سن کوسه نوک تیز (Carcharhinus macloti) در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان، تفاوت‌های معناداری را در دقت برازش مدل‌ها نشان داد. مدل‌های لجستیک، گامپرتز و اشنوت توانستند الگوی رشد-S شکل کوسه نوک تیز ماده را به‌خوبی توصیف نمایند. این یافته با توجه به ویژگی‌های زیستی کوسه‌ها از جمله رشد سریع در سنین اولیه و کاهش آن در سنین بالاتر قابل توجیه است (Walker 1998,Harry 2013, Raeisi et al., 2016., Raeisi et al, 2017, Pordelan, 2022). عملکرد خوب مدل گامپرتز در تحلیل رشد نمونه ها ممکن است به علت انعطاف پذیری نمودار گامپرتز باشد.

اگرچه مدل چند جمله ای درجه سوم بهترین نمره ضریب اطلاعاتی AIC و مدل اطلاعاتی بیزین BIC را بدست آورد اما باید توجه کرد چون پارامترهای مدل چند جمله ای درجه دوم فاقد تفسیر زیستی است استفاده از این مدل، برای مدل سازی های جمعیتی و ارزیابی ذخایر آبزیان چندان توصیه نمی گردد. اما مدل های لجستیک و گامپرتز چون دارای پارامترهای قابل تفسیر زیستی مانند طول بی نهایت و ضریب رشد هستند و نمره بسیار بالایی در این مطالعه کسب کردند برای استفاده در مطالعات جمعیتی کوسه نوک تیز توصیه می گردند. همچنین چون مدل اشنوت در این مطالعه دارای مقادیر نزدیک به صفر بود، استفاده از این مدل نیز بشدت توصیه می گردد. استفاده از معیارهای AIC و NLL کمک کرد تا مدل‌ها نه‌تنها بر اساس دقت، بلکه با در نظر گرفتن پیچیدگی نیز ارزیابی شوند .

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که دامنه طولی نمونه ها معتبر است، هرچند بیشتر شامل نابالغین بوده است .صید نابالغین تهدیدی جدی برای پایداری ذخایر محسوب می شود .بر اساس مقایسه مدل‌ها، استفاده از مدل‌های قابل تفسیر زیستی مانند لجستیک، گامپرتز و اشنوت برای ارزیابی های جمعیتی توصیه می‌گردد .همچنین مقایسه با مطالعات جهانی نشان داد که نتایج حاضر همخوانی نسبی با دیگر گزارش‌ها دارد و می‌تواند مبنای علمی برای مدیریت ذخایر منطقه‌ای باشد.

تشکر و قدردانی

از پرسنل کشتی کیش ۶۰۲، کشتی فرزام، مدیریت محترم شیلات هرمزگان بخصوص دکتر عالی زاده و دکتر ساسان صادقی و صیادان محترم بندر صیادی سلخ نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

References

Asadi, H. (2001). Atlas of the Persian Gulf & Sea of Oman fishes. Iran Fisheries Research Organization. (In Persian)

Cailliet, G. M., & Goldman, K. J. (2004). Age determination and validation in chondrichthyan fishes. In J. C. Carrier, J. A. Musick, & M. R. Heithaus (Eds.), Biology of Sharks and Their Relatives (pp. 399–447). CRC Press.

Campana, S. E., Joyce, W., Marks, L., Hurley, P., Natanson, L. J., Kohler, N. E., Jensen, C. F., Mello, J. J., Pratt Jr., H. L., Myklevoll, S., & Harley, S. (2008). The rise and fall (again) of the porbeagle shark population in the Northwest Atlantic. In M. D. Camhi, E. K. Pikitch, & E. A. Babcock (Eds.), *Sharks of the open ocean: Biology, fisheries and conservation* (pp. 240–256). Blackwell Publishing.

Casey, J. G., & Natanson, L. J. (1992). Revised estimates of age and growth of the sandbar shark (Carcharhinus plumbeus) from the western North Atlantic. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49(7), 1474–1477.

Clarke, S. (2003). *Quantification of the trade in shark fins* [Ph.D. thesis, Imperial College London]. London, UK: Imperial College.

Clarke, S., Magnusson, J. E., Abercrombie, D. L., McAllister, M., & Shivji, M. S. (2006). Identification of shark species composition and proportion in the Hong Kong shark fin market using molecular genetics and trade records. *Conservation Biology*, 20(1), 201–211.

Compagno, L. J. V. (1984). FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. Part 2 - Carcharhiniformes. FAO Fisheries Synopsis No. 125, Vol. 4(2), 251–655.

Compagno, L. J. V., & Niem, V. H. (1998). FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2. Cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks. FAO, Rome.

Daliri, M. (2016). The status of shark fisheries in the Persian Gulf: challenges and illegal fishing. Marine Conservation Reports, 8(2), 55–63. (In Persian)

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, 22(4), 241–253. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x

Ghayomi, A. (2020). Participatory management failures in shark conservation in southern Iran. Iranian Fisheries Review, 11(2), 99–113. (In Persian)

Haddon, M. (2011). Modelling and quantitative methods in fisheries (2nd ed.). CRC Press.

Harry, A. V., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. (2013). Age, growth and reproductive biology of the spot-tail shark, Carcharhinus sorrah, from the Great Barrier Reef World Heritage Area, Australia. Marine and Freshwater Research, 64(1), 60–72.

Kamrani, E. (2020). Governance and stakeholder conflict in small-scale shark fisheries. Iranian Journal of Marine Policy, 4(1), 77–90. (In Persian)

Killam, K. A., & Parsons, G. R. (1989). Age and growth of the blacktip shark, Carcharhinus limbatus, from the east coast of Florida. Copeia, 1989(1), 107–109.

Lande, R., Engen, S., & Sæther, B.-E. (2003). *Stochastic population dynamics in ecology and conservation*. Oxford University Press.

Last, P. R., & Stevens, J. D. (1994). Sharks and Rays of Australia. CSIRO Publishing.

Last, P. R., & Stevens, J. D. (2009). Sharks and rays of Australia (2nd ed.). CSIRO Publishing.

McAllister, M. K., Pikitch, E. K., & Babcock, E. A. (2008). Why are Bayesian methods useful for the stock assessment of sharks? In M. D. Camhi, E. K. Pikitch, & E. A. Babcock (Eds.), *Sharks of the open ocean: Biology, fisheries and conservation* (pp. 302–317). Blackwell Publishing.

Miller, P. I., Scales, K. L., Ingram, S. N., Southall, E. J., & Sims, D. W. (2015). Basking sharks and oceanographic fronts: Quantifying associations in the north-east Atlantic. *Functional Ecology*, 29(8), 1099–1109. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12423

Mohammadi, M., Raeisi, H., & Pordelan, M. (2023). Spatio-temporal assessment of shark landings in Hormozgan. Iranian Journal of Fisheries Research, 15(1), 21–35.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

Musyl, M. K., & Gilman, E. L. (2018). Post-release fishing mortality of blue (*Prionace glauca*) and silky shark (*Carcharhinus falciformis*) from a Palauan-based commercial longline fishery. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 28(3), 567–586. https://doi.org/10.1007/s11160-018-9517-2

Poedelan, A. R., Raeisi, H., Alijanpour, S., Haghparast, S., & Bahlakeh, A. (2022). Growth modelling of milk shark, *Rhizoprionodon acutus* (Rüppell, 1837) from waters of the Persian Gulf and Oman Sea (Hormozgan province). *Journal of Applied Ichthyological Researches*, 10(1), 41–50.

Poisson, F., Filmalter, J.-D., Vernet, A.-L., & Laurent, D. (2014). Mortality rate of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) caught in the tropical tuna purse seine fishery in the Indian Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(6), 795–805. https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0561

Queiroz, N., Humphries, N. E., Noble, L. R., Santos, A. M., & Sims, D. W. (2012). Spatial dynamics and expanded vertical niche of blue sharks in oceanographic fronts reveal habitat targets for conservation. *PLoS ONE*, 7(2), e32374. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032374

Raeisi, H. (2016). *Stock assessment and management of Carcharhinus dussumieri by using stochastic modeling from fishing grounds in the Persian Gulf and Oman Sea* [Ph.D. dissertation, Hormozgan University]. (In Persian)

Raeisi, H., Kamrani, E., Patimar, R., & Sourinezhad, I. (2017). Investigating reproductive cycle of whitecheek shark *Carcharhinus dussumieri* (Müller & Henle, 1839) in Hormozgan waters, Persian Gulf. *Journal of Applied Ichthyological Researches*, 5(2), 17–30.

Thorson, J. T., & Simpfendorfer, C. A. (2009). Gear selectivity and sample size effects on growth curve selection in shark age and growth studies. Fisheries Research, 98(1–3), 75–84.

Walker, T. I., Taylor, B. L., Brown, L. P., & Punt, A. E. (2008). Embracing movement and stock structure for assessment of *Galeorhinus galeus* harvested off southern Australia. In M. D. Camhi, E. K. Pikitch, & E. A. Babcock (Eds.), *Sharks of the open ocean: Biology, fisheries and conservation* (pp. 339–361). Blackwell Publishing.

Walter, J. P., & Ebert, D. A. (1991). Preliminary estimates of age and growth of the copper shark, Carcharhinus brachyurus, from South Africa. South African Journal of Marine Science, 11(1), 45–52.

نحوه استناد به‌مقاله:

حسن صحرایی ح.، هرسیج م.، رئیسی هـ.، قلی‌زاده م.، کردجزی ض.، ماتسودا هـ. شواهدی بر رد مدل وُن‌برتالنفی برای برازش منحنی رشد کوسه نوک‌تیز (***archarhinus macloti***) با استفاده از تحلیل مقایسه‌ای مدل‌های آماری غیرخطی. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی. دانشگاه گنبد کاووس. ۱۴۰۴. ۱۳(۴): ۶۲-۴۹.

Sahraei H., Hersij M., Raeisi H., Gholizadeh M., KordjazziZ., MatsudaH. Evidence Against the von Bertalanffy Growth Model for Fitting the Growth Curve of the Sharpnose Shark (*Carcharhinus macloti*) Using a Comparative Analysis of Nonlinear Statistical Models. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2025, 13(4): 49-62.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]

Journal of Applied Ichthyological Research
Vol. 13, No 4, 49-62
ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
Ministry of Science Reseach and Technology
Gonbad-Kavoos University

Evidence Against the von Bertalanffy Growth Model for Fitting the Growth Curve of the Sharpnose Shark (*Carcharhinus macloti*) Using a Comparative Analysis of Nonlinear Statistical Models

Hassan Sahraei[1], Mohammad Hersij[2], Hadi Raeisi*[3], Mohammad Gholizadeh[2], Zia Kordjazzi[3], Hiroyuki Matsuda[4]

[1]Ph.D. Candidate, Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[2]Associate Professor, Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[4] Professor, Department of Ecology, Yokohama National University, Yokohama, Japan

Type:
Original Research Paper

Paper History:
Received: 08-06-2025
Accepted: 27-06-2025

Corresponding author:

Raeisi H. Assistant Professor, Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

Email:
Raeisi_hadi@yahoo.com

Abstract

Fisheries, as it provides the basis for assessing population dynamics, determining sustainable harvest levels, and preventing overfishing. This study aimed to estimate the best growth model for the sharpnose shark (*Carcharhinus macloti*), conducted from October 2019 to March 2022 in the northeastern Persian Gulf and northwestern Oman Sea. A total of 265 sharpnose sharks were collected (females: 156, males: 109) during the study period. After transferring to the laboratory and recording biometric data, age data were obtained directly through sectioning of vertebrae and reading growth rings under a binocular microscope. Growth patterns were then analyzed using different nonlinear statistical models in Python version 3.12 within the Jupyter Notebook environment, applying open-source libraries such as NumPy and pandas.The mean total length of males and females was 63.11 ± 1.52 cm and 68.59 ± 2.11 cm, respectively, while their mean ages were 3.74 ± 1.2 and 5.12 ± 1.56 years, respectively. Model performance was evaluated by comparing Akaike's Information Criterion (AIC). According to the Bayesian Information Criterion (BIC), the best fitting growth curves for females were observed in the Logistic, Gompertz, and Schnute models, with no significant differences among them ($15.56 \leq AIC \leq 16.23$). For the von Bertalanffy model, the estimated parameters for males and females were $L\infty = 109.77$ cm, $K = 0.253$ yr^{-1}, $t0 = -1.07$ and $L\infty = 110.7$ cm, $K = 0.248$ yr^{-1}, $t0 = -1.07$, respectively. However, this model showed the lowest validity based on both BIC and AIC. For males as well, the Gompertz, Logistic, and Schnute models provided the highest reliability in describing the growth pattern ($6.019 \leq AIC \leq 7.31$).These results reveal that, contrary to common belief, the von Bertalanffy model does not always provide the best fit for fish growth curves, and at least for the sharpnose shark studied here, Logistic, Gompertz, and Schnute models are more suitable.

Keywords: *Carcharhinus macloti*, growth dynamics, statistical modeling, Gompertz model, non-linear regression, Persian Gulf

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.22034/jair.13.4.81]