

# بررسی تعیین شاخص‌های رشد و ساختار جمعیتی سیاه‌کولی خزری (*Vimba persa*) در سواحل جنوب‌غربی دریای خزر (Pallas, 1814)

نرجس کریمی<sup>۱</sup>، سید حامد موسوی ثابت<sup>۱\*</sup>، بهرام فلاحتکار<sup>۱،۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

<sup>۲</sup>پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

\*نویسنده مسئول [mousavi-sabet@guilan.ac.ir](mailto:mousavi-sabet@guilan.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱

## چکیده

شاخص‌های رشد و صفات جمعیتی سیاه‌کولی خزری با هدف بررسی تغییرات ساختار جمعیتی این گونه در سال‌های اخیر بر اساس ۲۲۷ عدد نمونه صید شده از بندر کیاشهر، در سواحل جنوب غربی دریای خزر از بهمن ۱۳۹۷ تا فروردین ۱۳۹۸ مورد مطالعه قرار گرفتند. دامنه طول چنگالی در جنس ماده برابر ۱۳/۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و در جنس نر برابر ۱۲/۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بود. بیشترین فراوانی گروه سنی هر دو جنس در سن ۳<sup>+</sup> بود و نسبت جنسی نر به ماده ۱ به ۱/۴ محاسبه شد. مقادیر پارامترهای معادله رشد وون‌برتالانفی در جنس ماده  $k=0.73$  و  $L_{\infty}=17.44$  سانتی‌متر و  $t_0=-1/4$  و در جنس نر  $k=0.6$  و  $L_{\infty}=16.97$  سانتی‌متر و  $t_0=-1/5$  بدست آمد. رابطه طول و وزن در هر دو جنس ماده و نر آلومتریک منفی بود و میانگین مقادیر شاخص وضعیت بدنی در جنس ماده و نر به ترتیب برابر  $1.38 \pm 0.1$  و  $1.35 \pm 0.1$  محاسبه شد. اندازه طول در اولین بلوغ در جنس ماده برابر ۱۲/۵ سانتی‌متر و در جنس نر برابر ۱۳/۲ سانتی‌متر برآورد گردید. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان چنین بیان نمود که صفات جمعیت‌شناختی بررسی شده در این مطالعه در مقایسه با سایر مطالعات انجام شده در سال‌های گذشته بر روی این ماهی، نشان‌دهنده کاهش دامنه طولی و نمایانگر فشار صید بر این گونه بوده و بر لزوم بازنگری در شیوه مدیریت صید در راستای حفظ ذخایر ارزشمند سیاه‌کولی خزری تاکید می‌نماید.

واژگان کلیدی: سن، رشد، رابطه طول و وزن، طول در اولین بلوغ، سیاه‌کولی.

## مقدمه

و وزن ماهی یکی از روش‌های مشخص کردن الگوهای رشد یک جمعیت از طریق محاسبه ضریب رشد آلومتریک است (Huxley, 1950; Froese, 2006). الگوهای رشد شامل: ایزومتریک: که طول بدن ماهی با همان سرعت نسبی وزن افزایش می‌یابد، آلومتریک منفی: رشد در امتداد طول بوده و ماهی لاغر است و آلومتریک مثبت: در این نوع از رشد، ماهی کوتاه و چاق به نظر می‌رسد (Forster et al., 2020). از ضرایب رشد آلومتریک می‌توان برای مقایسه رشد یک گونه در مناطق مختلف استفاده کرد (Mendes et al., 2004). مدل رشد وون‌برتالانفی پرکاربردترین منحنی رشد در ارزیابی ذخایر آبزیان بر اساس سن است و به وسیله آن می‌توان رابطه بین طول و سن را تعیین کرد (Quinn and Deriso, 1999). پارامترهای رشد علاوه بر

اطلاعات زیست‌شناختی هر ماهی نقش اساسی در تعیین پارامترهای ارزیابی ذخایر شیلاتی آن گونه دارد (Forster et al., 2020). روش‌های اساسی ارزیابی ذخایر مانند تحلیل مجازی جمعیت (Virtual Population Analysis) به طول، وزن و سن گونه مورد مطالعه نیاز دارد و تعیین این پارامترها برای گونه‌های مختلف ماهیان جهت اقدامات مدیریتی ضروری است (Gulland, 1965; Maunder and Punt, 2013). از تجزیه و تحلیل وزن، طول و سن بلوغ می‌توان برای استنباط ویژگی‌های تاریخچه زندگی ماهیان استفاده کرد (Forster et al., 2020)، که نگرشی صحیح در رابطه با بوم‌شناسی، تکامل و پویایی جمعیت فراهم می‌آورد (Honsey et al., 2017). رابطه بین طول

رود کوچک است که جهت تخم‌ریزی در اواخر اسفند و اوایل فروردین وارد مناطق ساحلی شده، سپس وارد رودخانه‌ها و تالاب‌های منتهی به دریا می‌شود و جهت تخم‌ریزی بر روی بسترهای سنگریزه‌ای به نواحی بالادست مهاجرت می‌کند، تخم‌ریزی از اردیبهشت ماه تا خرداد ماه صورت می‌گیرد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲). در سال‌های گذشته کاهش جمعیت این گونه گزارش شده، که به نظر می‌رسد ناشی از صید بیش از حد، موانع موجود در مسیر مهاجرت تولید مثلی و از بین رفتن بسترهای مناسب تخم‌ریزی این ماهی است (جلودار و عبدلی، ۱۳۸۳). سیاه‌کولی طبق معیارهای IUCN در حوضه جنوبی دریای خزر در آستانه معرض تهدید قرار دارد (Kiabi *et al.*, 1999)، که البته به‌روزرسانی وضعیت حفاظتی آن ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های گذشته مطالعاتی بر روی پارامترهای جمعیتی سیاه‌کولی توسط Patimar و Safari (2010) و چایچی و همکاران (۱۳۸۹) به ترتیب در سواحل استان‌های گلستان و مازندران و همچنین توسط Taridashti و همکاران (۲۰۱۷) در سواحل استان گیلان انجام شده است. عموماً هدف اساسی مدیریت صید، تضمین بهره‌برداری پایدار از ذخایر آبریزان در دراز مدت است و این امر مستلزم آگاهی از پویایی و ویژگی‌های ساختاری یک جمعیت می‌باشد، که با توجه به ارزش اقتصادی سیاه‌کولی در سواحل ایرانی دریای خزر و همچنین فشار صید و بروز افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی دریای خزر در سال‌های اخیر، در راستای برداشت اصولی آن آگاهی از پارامترهای جمعیتی در مقطع حاضر مهم، موثر و با ارزش می‌باشد، بدین جهت مطالعه حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های جمعیتی و تاریخچه زندگی سیاه‌کولی مهاجر به سفیدرود (در سواحل کیشهر)، شامل پارامترهای رشد و وون‌برتانفی، سن و اندازه بلوغ، رابطه طول و وزن، شاخص وضعیت بدنی، نسبت جنسی و ساختار سنی و طولی صورت گرفت.

کاربرد در ارزیابی ذخایر، استراتژی‌های مدیریتی و بررسی فرضیه‌های تاریخچه زندگی (Stergiou, 2000)، امکان برآورد تجربی پارامترهای مهم زیستی و صیادی مانند سن در اندازه بلوغ را نیز فراهم می‌کند (Froese and Binohlan, 2000). سنی که در آن اولین بلوغ اتفاق می‌افتد یک رویکرد استراتژیک (Heikkonen, 2012) و ویژگی مهم به لحاظ اکولوژیک در تاریخچه زندگی و تکامل یک گونه است که موفقیت تولید مثلی را در طول حیات تحت تاثیر قرار می‌دهد (Engelhard *et al.*, 2003; Stearns and Hoekstra, 2005; Brunel *et al.*, 2013). همچنین از تعیین میزان سن و اندازه بلوغ در آبریزان می‌توان در پاسخ به سوالاتی در زمینه تکامل (Heino *et al.*, 2002; Kuparinen and Merilä, 2007) و اهداف مدیریتی صید (Hilborn and Walters, 1992) استفاده کرد. از سوی دیگر شاخص وضعیت بدن، فاکتوری قابل اعتماد از وضعیت انرژی ذخایر ماهیان است (Lambert and Dutil, 1997)، که نظارت بر تاثیر عوامل محیطی بر آنان را امکان‌پذیر می‌سازد (Dekić *et al.*, 2016). همچنین یکی از شیوه‌های آسان و ارزان برای ارزیابی جمعیت ماهیان است که برای محاسبه فقط نیازمند داده‌های طول و وزن ماهی می‌باشد (Lagrué and Poulin, 2015). شرایط بدنی نامناسب معمولاً با تغذیه و یا شرایط محیطی نامناسب همراه است و ماهیان در شرایط ضعیف بدنی از نرخ مرگ و میر طبیعی بالایی برخوردارند (Dutil and Lambert, 2000). سیاه‌کولی خزری (*Vimba persa*) از خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) است که در نیمکره شمالی (به طور عمده در حوضه‌های آبریز دریای بالتیک، شمال، سیاه و خزر) پراکنش دارد (Kiabi *et al.*, 1999; Czerniejewski *et al.*, 2011). در ایران عمده پراکنش سیاه‌کولی در بخش‌های غربی و جنوبی حوضه دریای خزر می‌باشد (کازانچف، ۱۹۸۱). سیاه‌کولی خزری یک ماهی دریازی و

## مواد و روش‌ها

**نمونه‌برداری و زیست‌سنجی:** ۲۲۷ قطعه ماهی سیاه کولی خزری بررسی شده در مطالعه حاضر، از بهمن ۱۳۹۷ تا فروردین ۱۳۹۸ از نوار ساحلی دریای خزر واقع در بندر کیشهر در استان گیلان (۲۷°۳۷'۱۴" شمالی و ۴۹°۵۸'۳۰" شرقی)، با استفاده از تور پره و تور گوشگیر با چشمه تور ۲۸-۹ میلی‌متر صید شدند. در ابتدا ماهی سیاه‌کولی بر اساس کلید شناسایی (Coad, 2016) تفکیک گردید. نمونه‌های تفکیک شده در یخ نگهداری و بلافاصله به آزمایشگاه بیولوژی آبیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان انتقال داده شدند. عملیات زیست‌سنجی شامل اندازه‌گیری طول کل (TL) و طول چنگالی (FL) با دقت ۱ میلی‌متر و وزن کل با دقت ۱ گرم انجام شد. تعیین جنسیت نمونه‌ها پس از کالبدگشایی صورت گرفت و بر اساس مشاهدات ماکروسکوپیک ماهیانی که در مرحله ۴ رسیدگی جنسی از ۶ مرحله رسیدگی بودند (در ماهیان ماده در مرحله زرده‌سازی و در ماهیان نر در مرحله اسپرماتوژنز)، به عنوان ماهیان بالغ در نظر گرفته شدند.

**تعیین سن:** تعیین سن ماهیان از طریق فلس صورت گرفت. بدین صورت که ده عدد فلس از ناحیه جانبی بدن ماهی و از حد فاصل جلوی باله پشتی و خط جانبی برداشته شدند و پس از شستشو با آب مقطر در بین دو لام آزمایشگاهی قرار داده شدند. جهت تعیین سن از لوپ مجهز به نور پایین (Olympus, SZX12, USA) استفاده گردید. تعیین سن از طریق شمارش دایره سالبانه (تیره) انجام شد. به منظور بررسی دقت در شمارش حلقه‌های سالبانه و تعیین سن ماهیان مورد بررسی فلس ۵۰ عدد ماهی توسط ۲ نفر به صورت مجزا مورد شمارش قرار گرفت. درصد خطای میانگین (Average Percent Error) بین حلقه‌های شمارش شده توسط دو نفر بر اساس فرمول Fournier و Beamish (۱۹۸۱) محاسبه گردید.

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[ \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

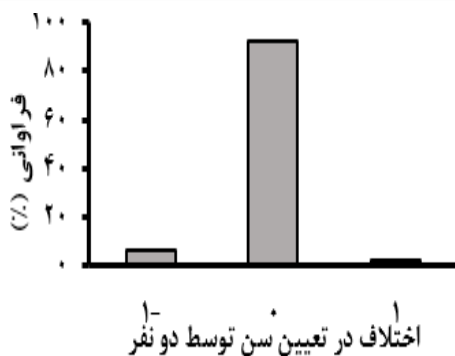
که در آن N برابر تعداد ماهیان تعیین سن شده، R برابر تعداد دفعات تعیین سن،  $X_{ij}$  مین سن تعیین شده برای  $j$  زمین ماهی است و  $X_j$  میانگین سن تعیین شده برای  $j$  زمین ماهی است. آزمون جفتی T-test برای بررسی وجود اختلاف بین تعیین سن توسط دو نفر مورد استفاده قرار گرفت.

**معادله رشد وون‌برتالانفی و شاخص عملکرد رشد:** پارامترهای معادله رشد وون‌برتالانفی با استفاده از فرمول  $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$  محاسبه گردید. که در آن  $L_t$  طول پیش‌بینی شده ماهی در سن  $t$  به سانتی‌متر،  $L_{\infty}$  طول مجانب ماهی،  $k$  ضریب رشد و  $t_0$  سن فرضی که طول ماهی در آن صفر است (Von Bertalanffy, 1938). شاخص عملکرد رشد با استفاده از معادله  $\theta = \log(k) + 2\log(L_{\infty})$  تخمین زده شد که مقادیر  $k$  و  $L_{\infty}$  پارامترهای معادله رشد وون‌برتالانفی است (Pauly and Munro, 1984).

**رابطه طول و وزن:** رابطه طول و وزن بر اساس معادله  $TW = aFL^b$  محاسبه گردید، در این رابطه TW برابر با وزن کل به گرم،  $a$  عدد ثابت و  $b$  شیب خط رگرسیون یا ضریب آلومتری است که نوع رشد آلومتریک یا ایزومتریک را مشخص می‌کند و FL برابر طول چنگالی بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

**شاخص وضعیت بدنی (Condition Factor):** برای تعیین شاخص وضعیت بدنی از معادله  $CF = TW/FL^3 \times 10^3$  (Schneider and Merna, 2000) استفاده شد. TW برابر وزن کل به گرم و FL طول چنگالی بر حسب سانتی‌متر است.

**طول در اولین بلوغ (Lm50):** ماهیان ماده و نری که به ترتیب در مرحله زرده‌سازی و اسپرماتوژنز قرار داشتند ماهی بالغ در نظر گرفته شدند. طول ماهیان در دسته‌های ۱۰ میلی‌متری دسته‌بندی گردیدند و طول در اولین بلوغ بر اساس معادله



شکل ۱- توزیع فراوانی اختلاف در سن تعیین شده سیاه کولی (n= ۵۰).

توسط یک نفر معتبر بود.  $P=0.00044$ ,  $t=-0.444$ ,  $df=49$ ، بنابراین روند تعیین سن

ساختار سنی در ۲۲۷ عدد سیاه کولی خزری مورد بررسی بین ۱+ تا ۶+ سال بود. در مطالعه ساختار سنی در سنین مختلف در دو جنس نر و ماده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $P=0.36$ ,  $df=5$ ,  $\chi^2=5/41$ ). بیشترین فراوانی سنی متعلق به گروه سنی ۳+ بود و کمترین فراوانی متعلق به گروه سنی ۶+ بود (شکل ۲).

فراوانی طول چنگالی در کلاسه‌های مختلف در دو جنس نر و ماده سیاه‌کولی خزری در این مطالعه متفاوت بود ( $P<0.05$ ,  $df=27/69$ ,  $\chi^2=27/69$ ). دامنه طول چنگالی جنس ماده و نر ماهی سیاه‌کولی در این بررسی به ترتیب ۱۳/۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و ۱۲/۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بود. همچنین در میانگین طولی بین جنس نر و ماده اختلاف معنی‌دار وجود داشت ( $P<0.05$ ,  $df=225$ ,  $F=1129$ ) (شکل ۳).

پارامترهای رشد بین دو جنس تفاوت معنی‌دار نشان داد ( $P<0.05$ ,  $df=262/9$ ,  $F=262/9$ ). از این رو پارامترهای رشد در جنس ماده برابر  $k=0.73$  و  $L_{\infty}=17/44$  سانتی‌متر و  $t_0=-1/4$  و در جنس نر برابر  $k=0.6$  و  $L_{\infty}=16/97$  سانتی‌متر و  $t_0=-1/5$  بود (شکل ۴). شاخص عملکرد رشد در جنس ماده و نر به ترتیب برابر ۲/۳ و ۲/۲ محاسبه شد.

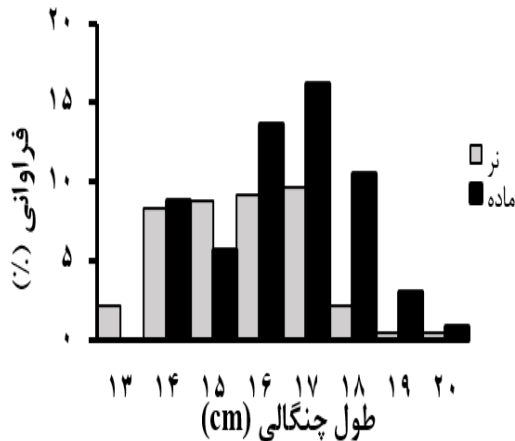
رابطه بین طول و وزن در دو جنس نر و ماده اختلاف معنی‌دار داشت ( $P<0.05$ ,  $df=225$ ).

$P=1/(1+e^{-\tau[L-Lm_{50}]})$  محاسبه شد. که در آن  $P$ : درصد ماهیان بالغ در هر گروه طولی،  $\tau$ : شیب منحنی  $Lm_{50}$ : طول در اولین بلوغ و  $L$  برابر کلاس طولی است.

**آنالیز آماری:** آزمون مربع کای برای تعیین نسبت جنسی و آزمون استقلال مربع کای برای بررسی ساختار سنی و کلاسه‌های طولی در دو جنس نر و ماده استفاده گردید. م قایسه بین پارامترهای رشد و طول بلوغ در جنس نر و ماده با استفاده از آنالیز مربع مقادیر باقی مانده (Analysis of the Residual Sum of Square) انجام شد (Chen et al., 1992). محاسبه پارامترهای رشد با استفاده از آزمون رگرسیون غیرخطی، رابطه طول و وزن به وسیله آزمون رگرسیون خطی و مقایسه شیب خط حاصل از رابطه طول و وزن با عدد ۳ استاندارد رشد ایزومتریک با استفاده از آزمون T منفرد صورت گرفت. کلیه آنالیزهای ذکر شده در نرم افزار آماری SPSS (Version 16, Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد. سطح معنی‌داری در آنالیزهای آماری برابر ۰/۰۵ بوده و داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  خطای استاندارد ارائه شده است. همچنین تعیین طول در اولین بلوغ با روش حداقل مربعات در Excel و برنامه Solver محاسبه شد.

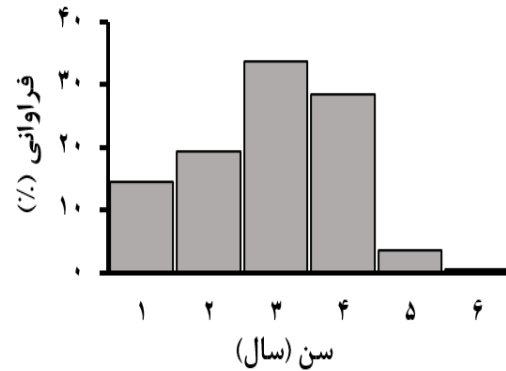
## نتایج

نسبت جنسی ماده به نر در ماهیان مورد بررسی ۱ به ۰/۷ محاسبه شد که این نسبت با نسبت متعارف ۱ به ۱ اختلاف معنی‌دار داشت ( $P<0.05$ ,  $df=1$ ,  $\chi^2=10.18$ ). شمارش حلقه‌های سالیانه نشان داد که در ۹۰٪ از فلس‌های تعیین سن شده توسط دو نفر مشابهت وجود داشته است (شکل ۱). میانگین درصد خطا (APE) برابر ۰/۶۷ بوده، که پایین‌تر از ۵ درصد بود، میانگین درصد خطا کمتر از ۵٪ نشانگر عدم وجود اختلاف در تعیین سن است (Morison et al., 1998). تفاوت معنی‌داری بین تعداد حلقه‌های شمارش شده توسط دو نفر وجود نداشت (۰/۶۵).



شکل ۳- توزیع فراوانی طولی در دو جنس ماده و نر در ماهی سیاه کولی خزری در سواحل بندر کیشهر.

چشمگیری دارد. در رابطه با کاهش دامنه طولی، کم بودن تعداد ماهیان با اندازه کوچک نشان‌دهنده آن است که ابزار صید این ماهی در دریا به صورت انتخابی عمل کرده و نمونه‌های کوچکتر کمتر صید می‌شوند، اما به نظر می‌رسد که کاهش نمونه‌ها در اندازه‌های بزرگتر می‌تواند به دلیل بالا بودن مرگ و میر طبیعی و فشار صیادی باشد. ویژگی‌های رشد یک گونه ماهی در شرایط زمانی و مکانی جغرافیایی متمایز به دلیل حاکمیت شرایط خاص همواره تفاوت‌هایی دارند (Ricker, 1975; Bartulovic *et al.*, 2004). سرعت رشد به عوامل داخلی مانند ژنوتیپ، اندازه بدن، شرایط فیزیولوژیک، جنسیت و عوامل خارجی مانند دمای آب، کیفیت غذا، فشار صید، روش‌های نمونه‌برداری و تعیین سن بستگی دارد (Wootton, 1990)، که در این میان علاوه بر فشار صید، روند تغییرات افزایش دما در نیمکره شمالی (Rodionov, 1994; Özsoy and Ünlüata 1997; Reid and Edwards, 2001; Stanev and Peneva, 2002) می‌تواند از مهمترین عوامل موثر باشد. در مطالعه حاضر شمارش حلقه‌های سالیانه نشان داد که در ۹۰٪ از فلس‌های تعیین سن شده توسط دو نفر مشابهت وجود داشته است. میانگین درصد خطا (APE) برابر ۰/۶۷ بوده، که پایین تر از ۰/۵٪ بوده، میانگین درصد

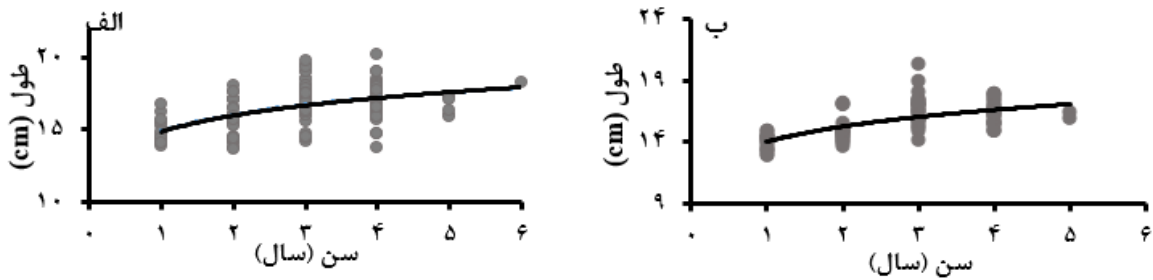


شکل ۲- توزیع فراوانی سنی ماهی سیاه کولی خزری در سواحل بندر کیشهر.

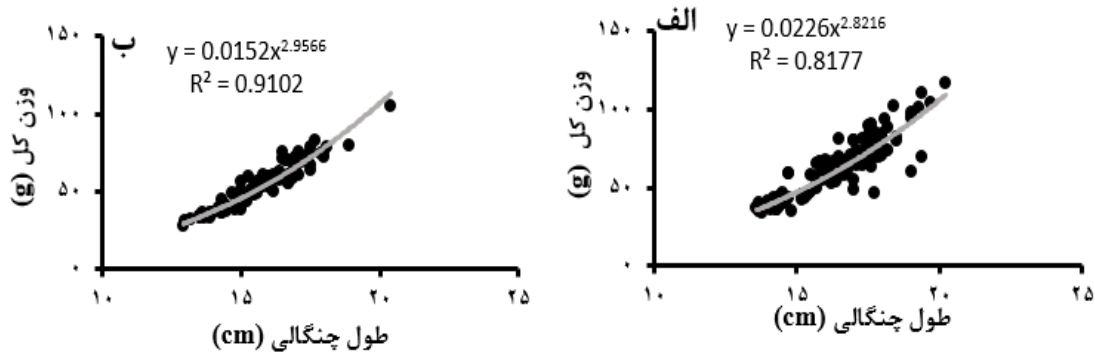
$F=222/489$ . رابطه طول و وزن در جنس ماده برابر  $\text{Log TW} = 2/82 \text{ Log FL} - 1/64$  با ضریب همبستگی ۰/۸۱ و در جنس نر برابر  $\text{Log TW} = 2/95 \text{ FL} - 0/91$  با ضریب همبستگی ۰/۹۱ بود (شکل ۵). مقادیر حاصل از  $b$  در هر دو جنس نر و ماده اختلاف معنی‌دار با عدد ۳ نشان داد و نشان‌دهنده رشد آلومتریک منفی بود. شاخص وضعیت بدنی در جنس ماده برابر ۰/۰۱  $\pm 1/38$  و در جنس نر برابر  $1/35 \pm 0/1$  بود. طول در اولین بلوغ جنسی در این مطالعه در جنس ماده سیاه‌کولی برابر ۱۲/۵ سانتی‌متر و در جنس نر برابر ۱۲/۲ سانتی‌متر بود (شکل ۶).

## بحث

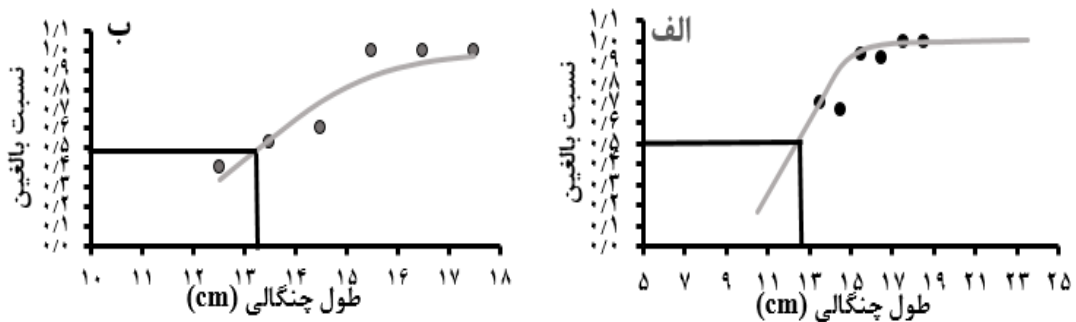
نتایج نشان داد که جنس ماده دارای سرعت رشد (k) و طول بی‌نهایت ( $L_{\infty}$ ) بالاتر نسبت به جنس نر داشت و ماهیان ماده با سرعت بالاتری نسبت به نرها به حداکثر طول بی‌نهایت می‌رسند. پارامترهای رشد سیاه‌کولی خزری با تفکیک جنس در مقایسه با مطالعات Patimar و Safari (۲۰۱۰) در سواحل جنوبی دریای خزر و Taridashti و همکاران (۲۰۱۷) در سواحل جنوب‌غربی دریای خزر تفاوت داشت به طوری که در مطالعه حاضر با سرعت رشد بیشتری به حداکثر طول بی‌نهایت می‌رسد، اگرچه طول بی‌نهایت و دامنه طولی مشاهده شده در مطالعه حاضر نسبت به مطالعات بیان شده کاهش



شکل ۴- منحنی رشد وون برتالانفی سیاه کولی خزری در سواحل بندر کیشهر. الف. جنس ماده، ب. جنس نر



شکل ۵- رابطه طول و وزن سیاه کولی خزری در سواحل بندر کیشهر. الف. جنس ماده ب. جنس نر.



شکل ۶- منحنی طول در اولین بلوغ جنسی سیاه کولی خزری در سواحل بندر کیشهر. الف. جنس ماده ب. جنس نر.

مطالعه Taridashti و همکاران (۲۰۱۷) (به ترتیب در ماده و نر: ۲/۲۵ و ۲/۲۶) اختلاف زیادی مشاهده نمی‌شود.

رابطه طول و وزن یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی ذخایر آبزیان می‌باشد (Mendes, 2004) و مشاهده شده که در یک گونه به صورت دوره‌ای و با گذشت زمان (Özekinci *et al.*, 2009) و در مناطق جغرافیایی مختلف (Froese, 2006; Wund *et al.*, 2016) به لحاظ نوع رشد آلومتری تفاوت وجود دارد. موردی که در مطالعه حاضر در مقام

خطا کمتر از ۰.۵٪ نشانگر عدم وجود اختلاف در تعیین سن است (Morison *et al.*, 1998). در این مطالعه ماهیان ماده در یک سن مشابه در مقایسه با نرها از طول بیشتری برخوردار بودند و در سنین پایین‌تری به حداکثر رشد خود می‌رسند. که این امر احتمالاً به استراتژی ماهیان ماده در جهت افزایش همآوری و توان تولید مثلی مرتبط است (Roff, 1984). همچنین در عملکرد رشد محاسبه شده برای جمعیت دو جنس نر و ماده سیاه‌کولی خزری در مطالعه حاضر در مقایسه با عملکرد رشد در

به ۱ متفاوت بود و غالبیت جنس ماده مشاهده شد. در مطالعه Taridashti و همکاران (۲۰۱۷) نسبت جنسی ارائه شده برای سیاه‌کولی خزری در نواحی جنوب‌غربی دریای خزر ۱ به ۱ بود و در مطالعه چایچی و همکاران (۱۳۸۹) ماهیان ماده جنس غالب در جمعیت سیاه‌کولی خزری در سواحل جنوبی دریای خزر بودند. این در حالی است که در گزارش Patimar و Safari (۲۰۱۰) در سواحل جنوب-شرقی دریای خزر جنس نر در جمعیت سیاه‌کولی خزری غالب بوده است. نوسانات در نسبت جنسی یک گونه می‌تواند ناشی از عواملی از قبیل وفور مواد غذایی، پدیده‌های تکاملی و اکولوژیک، تولیدمثل (Potts & Wootton, 1990)، تفاوت در زمان و ابزارهای نمونه‌برداری (Taridashti et al., 2017) و طول بدن ماهی و اندازه چشمه تور آلودگی آب باشد.

طول در اولین بلوغ (Lm50) نیز مانند سایر پارامترهای جمعیتی یک گونه با تغییرات درجه حرارت، تغذیه، تراکم جمعیت، تفاوت‌های ژنتیکی بین جمعیت‌ها و فشار صید در مناطق مختلف جغرافیایی و در زمان‌های مختلف، متفاوت است (آژ و همکاران، ۱۳۹۳). تغییرات در اندازه طول در اولین بلوغ از اهمیت خاصی برخوردار است، بدین دلیل که ممکن است نشانه‌ای از تغییرات در پاسخ‌های فیزیولوژیک باشد (Scott and Heikkonen, 2012). میزان محاسبه شده طول بلوغ در مطالعه حاضر در جنس ماده برابر با ۱۲/۵ و در جنس نر برابر ۱۳/۲ سانتی‌متر بود که عدد محاسبه شده در ماهیان ماده اندکی بالاتر از مقدار مشاهده شده در مطالعه Taridashti و همکاران (۲۰۱۵) در سواحل جنوب غربی دریای خزر (۱۲ سانتی‌متر در جنس ماده) و بسیار پایین تر از مقادیر طول در اولین بلوغ در مطالعه چایچی و همکاران (۱۳۸۹) در سواحل جنوبی دریای خزر (۱۷ سانتی‌متر جنس ماده و ۱۶/۲ سانتی‌متر جنس نر) می‌باشد. اگرچه این افزایش بسیار اندک مشاهده شده در سواحل جنوب-

مقایسه با سایر مطالعات صورت پذیرفته بر روی سیاه‌کولی خزری، هم در منطقه جنوب‌غربی دریای خزر (Taridashti et al., 2017) و هم در مناطق جنوب‌شرقی (Patimar and Safari, 2010) مشاهده شد بدین صورت بود که در بررسی حاضر رشد ماهیان سیاه‌کولی خزری دریای خزر در منطقه کیاشهر آلومتریکی منفی بود، ولی در مطالعه Taridashti و همکاران (۲۰۱۷) ایزومتریکی و در مطالعه Patimar و Safari (۲۰۱۰) در ماهیان ماده آلومتریکی منفی و ماهیان نر آلومتریکی مثبت گزارش شده است که این تفاوت به طور خاص می‌تواند نشان‌دهنده تأثیرات مناطق جغرافیایی مختلف و همین‌طور مقاطع زمانی متفاوت روی نوع رشد آلومتری این گونه در حوضه جنوبی دریای خزر باشد. شاخص وضعیت بدنی درجه بازخورد پاسخ ماهیان به عواملی مانند کمیت و کیفیت مواد غذایی، وجود عوامل بیماری‌زا، آلاینده‌ها، مواد سمی و تغییرات آب و هوایی است که می‌تواند منجر به تغییر در توده بدنی در مقایسه با افراد در محیط بدون تغییر شود (Hussey et al., 2009; Dekić et al., 2016). همین‌طور شاخص وضعیت بدنی در ماهیان بیانگر شرایط فیزیکی ماهیان است که برای مقایسه افراد در یک گونه مناسب است و تفاوت‌های بین جنس، فصل و مکان نمونه‌برداری را نشان می‌دهد (Dekić, 2016). مقادیر محاسبه شده شاخص وضعیت بدنی در مطالعه حاضر در بین دو جنس نر و ماده اختلاف قابل‌توجهی نداشت و در مقایسه با مقادیر میانگین محاسبه شده در مطالعه Taridashti و همکاران (2017) در منطقه جنوب-غربی دریای خزر (۱/۳) تفاوت نداشت، که می‌تواند بیانگر آن باشد که ماهیان سیاه‌کولی خزری در منطقه جنوب‌غربی دریای خزر در سال‌های اخیر در شرایط نسبتاً با ثباتی به لحاظ تغذیه‌ای به سر می‌برند.

تفاوت مشاهده شده در نسبت جنسی ماهیان سیاه‌کولی خزری در این مطالعه با نسبت متعارف ۱

- ایران (تهران). ۹۰ ص.
- چایچی ع. ۱۳۸۹. تعیین خصوصیات زیستی و پارامترهای پویایی جمعیت و برآورد جمعیت ماهی سیاه کولی (*Vimba vimba persa*) در دریای خزر (آبهای ساحلی استان مازندران). رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات (تهران). ۷۷ ص.
- عباسی ک.، اکبرزاده ا.، سرپناه ع.ن. ۱۳۹۲. بررسی ساختار جمعیتی ماهی سیاه‌کولی خزری در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌سنجی تراس و شمارشی. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۲(۲): ۳۳-۴۸.
- کازانچف ای.ن. (۱۹۸۱). ماهیان دریای خزر و حوزه آبریز آن. ترجمه ا. شریعتی. ۱۳۷۱. سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی. تهران. ۱۷۱ ص.
- Bartulović V., Glamuzina B., Conides A., Dulčić J., Lučić D., Njire J., Kožul V. 2004. Age, growth, mortality and sex ratio of sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva River (middle-eastern Adriatic, Croatia). *Journal of Applied Ichthyology* 20(5), 427-430.
- Beamish R.J., Fournier D.A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38(8), 982-983.
- Brunel T., Ernande B., Mollet F.M., Rijnsdorp A.D. 2013. Estimating age at maturation and energy-based life-history traits from individual growth trajectories with nonlinear mixed-effects models. *Oecologia* 172(3), 631-643.
- Cardinale M., Modin J. 1999. Changes in size-at-maturity of Baltic cod (*Gadus morhua*) during a period of large variations in stock size and environmental conditions. *Fisheries Research* 41(3), 285-295.
- Chen Y., Jackson D.A., Harvey H.H. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49(6), 1228-1235.
- Coad B.W. 2007. The freshwater fishes of Iran. T. Received from personal website, غربی دریای خزر ممکن است نوید بخش بهبود شرایط زیستی این ماهی باشد، اما تفاوت چشمگیر آن با مطالعه چایچی و همکاران (۱۳۸۹) در سواحل جنوبی می‌تواند نشانگر فشار صیادی در این منطقه باشد، زیرا مرگ و میر بالای ناشی از صید یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در کاهش اندازه بلوغ می‌باشد (Trippel, 1995). از این رو ماهیان در راستای بقای نسل در پاسخ به فشار صیادی، با کاهش سن بلوغ در یک یا دو دوره تولید مثلی مشارکت می‌کنند (Cardinale and Modine, 1999).
- در نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان نمود که استفاده از نتایج این تحقیق در درک صفات تاریخیچه زندگی این گونه و در راستای ارزیابی ذخایر و مدیریت صید با هدف حفظ ذخایر آن در سواحل ایرانی دریای خزر می‌تواند موثر باشد و پیشنهاد می‌شود که لحاظ نمودن اندازه بلوغ تخمین زده شده در مدیریت صید، خصوصاً در فصل مهاجرت تولیدمثلی و در رودخانه‌هایی که این گونه جهت تخم‌ریزی به آن‌ها وارد می‌شود، می‌تواند بستر مناسبی را برای بالا بردن ظرفیت تخم‌ریزی طبیعی فراهم آورد.
- تشکر و قدردانی**
- نویسندگان این مقاله از پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر دانشگاه گیلان به دلیل حمایت مالی از این تحقیق، و همچنین از جناب آقای دکتر شهرام عبدالملکی به سبب نظرات ارزشمند ایشان در بهبود مقاله حاضر تقدیر و تشکر می‌نمایند.
- منابع**
- آر ز.، سوری‌نژاد ا.، کامرانی ا.، قدرتی شجاعی م. (۱۳۹۳). روند رسیدگی تخمدان ماهی کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) در آب‌های ساحلی شمال خلیج فارس. اقیانوس‌شناسی، ۵(۱۹): ۶۱-۷۰.
- جلودار ن.م.، عبدلی ا. ۱۳۸۳. اطلس ماهیان حوزه جنوبی دریای خزر (آبهای ایران). موسسه تحقیقات شیلات



- at maturation with reconstructed immature size distributions: a new technique illustrated by application to Northeast Arctic cod. *ICES Journal of Marine Science* 59(3), 562-575.
- Hilborn R., Walters C.J. 1992. Stock and recruitment. In *Quantitative Fisheries Stock Assessment* (pp. 241-296). Springer, Boston, MA. 570 p.
- Honsey A.E., Staples D.F., Venturelli P.A. 2017. Accurate estimates of age at maturity from the growth trajectories of fishes and other ectotherms. *Ecological Applications* 27(1), 182-192.
- Hussey N.E., Cocks D.T., Dudley S.F., McCarthy I.D., Wintner S.P. 2009. The condition conundrum: application of multiple condition indices to the dusky shark *Carcharhinus obscurus*. *Marine Ecology Progress Series* 380, 199-212
- Huxley J.S. 1950. Relative growth and form transformation. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences* 137(889), 465-469.
- Kiabi B.H., Abdoli A., Naderi M. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. *Zoology in the Middle East* 18(1), 57-65.
- Kuparinen A., Merilä J. 2007. Detecting and managing fisheries-induced evolution. *Trends in ecology & evolution* 22(12), 652-659.
- Lagrange C., Poulin R. 2015. Bottom-up regulation of parasite population densities in freshwater ecosystems. *Oikos* 124(12), 1639-1647.
- Lambert Y., Dutil J.D. 1997. Can simple condition indices be used to monitor and quantify seasonal changes in the energy reserves of cod (*Gadus morhua*)? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(S1), 104-112.
- Maunder M.N., Punt A.E. 2013. A review of integrated analysis in fisheries stock assessment. *Fisheries Research* 142, 61-74.
- Mendes B., Fonseca P., Campos A. 2004. Weight-length relationships for 46 fish species of the Portuguese west coast. *Journal of Applied Ichthyology* 20(5), 355-361.
- Morison A.K., Coutin P.C., Robertson S.G. 1998. Age determination of black bream, *Acanthopagrus butcheri* (Sparidae), from the Gippsland Lakes of south-eastern www.briancoad.com.
- Czerniejewski P., Rybczyk A., Tanski A., Keszka S., Antoszek A. 2011. Growth rate and condition of vimba, *Vimba vimba* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), a species under restitution in the Odra river estuary. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41(3), 215-222.
- Dekić R., Savić N., Manojlović M., Golub D., Pavličević J. 2016. Condition factor and organosomatic indices of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*, Wal.) from different brood stock. *Biotechnology in Animal Husbandry* 32(2), 229-237.
- Dutil J.D., Lambert Y. 2000. Natural mortality from poor condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57(4), 826-836.
- Engelhard G.H., Dieckmann U., Godø O.R. 2003. Age at maturation predicted from routine scale measurements in Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*) using discriminant and neural network analyses. *ICES Journal of Marine Science* 60(2), 304-313.
- Forster C.E., Norcross B.L., Spies I. 2020. Documenting growth parameters and age in Arctic fish species in the Chukchi and Beaufort seas *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 177, 104779.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22(4), 241-253.
- Froese R., Binohlan C. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology* 56(4), 758-773.
- Gulland J.A. 1965. Estimation of mortality rates. Annex to Arctic Fisheries Working Group Report (meeting in Hamburg, January 1965). ICES, C.M.1965, Doc. No. 3 (mimeographed).
- Heikkonen R.D.S.J. 2012. Estimating age at first maturity in fish from change-points in growth rate. *Marine Ecology Progress Series* 450, 147-157.
- Heino M., Dieckmann U., Godø O.R. 2002. Estimating reaction norms for age and size

- Stergiou K.I. 2000. Life-history patterns of fishes in the Hellenic Seas. *Web ecology* 1(1), 1-10.
- Stearns S.C., Hoekstra R.J. 2005. Evolution, 2nd edition. Oxford University Press, Oxford, England, UK. 596 p.
- Schneider J.C. 2000. *Manual of Fisheries Survey Methods II: with periodic updates* (No. 25). Lansing, MI: Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Division. 393 p.
- Taridashti F., Namin J.I., Abdolmalaki S., Hadavi M. 2015. Reproductive biology of Caspian vimba, *Vimba vimba* (L.), in the coastal waters of the southwestern Caspian Sea. *Fisheries and Aquatic Life* 23(3), 171-180.
- Taridashti F., Imanpour J., Abdolmalaki S., Hadavi M. 2017. Life history traits and fishing mortality estimations of Caspian vimba, *Vimba vimba* (L.), in southwestern coastal regions of the Caspian Sea. *Fisheries and Aquatic Life* 25(3), 145-155.
- Trippel E.A. 1995. Age at maturity as a stress indicator in fisheries. *Bioscience* 45(11), 759-771.
- Von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology* 10(2), 181-213.
- Wootton R.J. 1990. Reproduction. In *Ecology of teleost fishes*. Springer, Dordrecht. pp. 159-195.
- Wund M., Singh O.D., Geiselman A., Bell M.A. 2016. Morphological evolution of an anadromous threespine stickleback population within one generation after reintroduction to Cheney Lake, Alaska. *Evolutionary Ecology Research* 17(2), 203-224.
- Australia indicates slow growth and episodic recruitment. *Marine and Freshwater Research* 49(6), 491-498.
- Özekinci U., Cengiz Ö., Ismen A., Altinagac U., Ayaz A. 2009. Length-weight relationships of thirteen flatfishes (Pisces: Pleuronectiformes) from Saroz Bay (North Aegean Sea, Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(9), 1800-1801.
- Özsoy E., Ünlüata Ü. 1997. Oceanography of the Black Sea: a review of some recent results. *Earth-Science Reviews* 42(4), 231-272.
- Patimar R., Safari S. 2010. Description of the biology of Caspian vimba, *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758), in Gorgan Bay-Miankaleh Wildlife Refuge (southeast Caspian Sea). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 28(6), 1173-1179.
- Pauly D., Munro J.L. 1984. ICLARM's activities in tropical stock assessment: 1979-1984, and beyond. *ICLARM Newsletter* 7-9.
- Potts G.W., Wootton R.J. 1990. Fish reproduction strategies and tactics. Academic Press Limited: 410 p.
- Quinn T.J., Deriso R.B., 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press. 560 p.
- Reid P. C., Edwards M. 2001. Long-term changes in the pelagos, benthos and fisheries of the North Sea. *Senckenbergiana Maritima* 31(2), 107-115.
- Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin - Fisheries Research Board of Canada* 191, 1-382.
- Rodionov S.N. 1994. Association between winter precipitation and water level fluctuations in the Great Lakes and atmospheric circulation patterns. *Journal of Climate* 7(11), 1693-1706.
- Roff D.A. 1984. The evolution of life history, theory and analysis. Chapman and Hall, New York. 535 p.
- Scott R., Heikkonen J. 2012. Estimating age at first maturity in fish from change-points in growth rate. *Marine Ecology-Progress Series* 450, 147-157.
- Stanev E.V., Peneva E.L. 2001. Regional sea level response to global climatic change: Black Sea examples. *Global and Planetary Change* 32(1), 33-47.

## Determination of growth parameters and population structures of the Caspian Vimba (*Vimba persa* Pallas, 1814) in the south-western Caspian Sea

Narjes Karimi<sup>1</sup>, Hamed Mousavi-Sabet<sup>1,2\*</sup>, Bahram Falahatkar<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran.

<sup>2</sup>The Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran.

\*Corresponding author: mousavi-sabet@guilan.ac.ir

Received: 2021/5/22

Accepted: 2021/8/16

### Abstract

The growth parameters and population traits of the Caspian Vimba were studied in order to investigate the changes in the population structure of this species based on 227 samples which was taken from Kiashahr port, on the southwestern coasts of the Caspian Sea from February 2019 to April 2020. In females, fork length ranged from 13.5 to 20 cm and in males it ranged from 12.5 to 20 cm. The highest frequency in age groups was belonged to 3<sup>+</sup> years for both sexes and the sex ratio of male to female was 1: 1.4. The von Bertalanffy growth parameters were estimated as  $k=0.73$ ,  $L_{\infty}=17.44$  cm and  $t_0=-1.4$  for females and  $k=0.6$ ,  $L_{\infty}=16.97$  cm and  $t_0=-1.5$  for males. The length-weight relationship showed negative allometric growth patterns for both sexes, and the mean values of condition factor were calculated  $1.38\pm 0.01$  and  $1.35\pm 0.01$  for females and males, respectively. The size at the first maturity was estimated 12.5 cm for females and 13.2 cm for males. In conclusion, by comparing the obtained population traits of the Caspian vimba in the present study with the other studies in recent years, indicated a decrease in length range and following that it can be said that this species is under pressure and emphasize the need to reconsideration of fishing management in order to preserve the valuable Caspian vimba stocks.

**Keywords:** Age, Growth, Length-weight relationship, Length at first maturity, Caspian Vimba.