



## بررسی پویایی‌شناسی ماهی سه‌خاره (*Gasterosteuse aculeatus* Linnaeus, 1758) در سواحل جنوبی دریای خزر

سپیده ایزدی<sup>۱</sup>، هادی ریسی<sup>۲\*</sup>، آیناز شیرنگی<sup>۲</sup>، محمد قلی زاده<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

### چکیده

این مطالعه با هدف برآورد پارامترهای رشد و مرگ‌ومیر ماهی سه‌خاره در جنوب شرق دریاچه خزر در منطقه تالاب گمیشان صورت گرفت. عملیات نمونه برداری از بهمن ماه ۱۳۹۶ تا اسفندماه ۱۳۹۸ در جنوب شرق دریای خزر صورت گرفت. بدین منظور، تعداد ۲۴۷ نمونه به‌صورت ماهانه و به‌صورت تصادفی صید و بیومتری شدند. ۲۳۷ نمونه تعیین جنسیت شدند که ۱۰۶ عدد نر و ۱۳۱ عدد ماده بودند. برای مقایسه میانگین طول ماهی بین جنس نر و ماده از آزمون randomization test استفاده شد که بیانگر وجود تفاوت معنی‌داری بین دو جنس نر و ماده بود. نتایج نشان داد که کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین طول چنگالی برای ماهیان صیدشده به ترتیب ۱/۳۷ و ۷/۲۲ سانتی‌متر بود. فاکتورهای رشد فون بر تالانفی به ترتیب  $L_{\infty} = ۸/۷۹۷$  سانتی‌متر،  $k = ۰/۳۵۶$  در سال و  $t_0 = -۰/۶۹۹$  سال) به‌دست آمد. میانگین مرگ‌ومیر طبیعی برای جنس نر، ماده و کل به ترتیب ۱/۸۶ در سال، ۱/۷۶ در سال و ۱/۶۴ در سال محاسبه شد. میانگین وزن نسبی نیز برای این گونه برای جنس نر، ماده و کل به ترتیب ۸۵/۰۲ درصد، ۸۳/۰۲ درصد و ۸۵/۱۶ درصد به‌دست آمد. نتایج وزن نسبی بیانگر وضعیت نامناسب این گونه به‌لحاظ وزنی هست. نتایج این مطالعه می‌تواند به شناخت بهتر وضعیت زیستی این ذخیره در منطقه جنوب شرق دریای خزر کمک کند.

### واژه‌های کلیدی:

پویایی‌شناسی، ماهی سه‌خاره، دریای خزر، رشد، مرگ‌ومیر

### نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

### تاریخچه مقاله:

دریافت: ۰۰/۰۹/۲۸

پذیرش: ۰۰/۱۲/۰۷

### نویسنده مسئول مکاتبه:

هادی ریسی، استادیار، دانشگاه گنبد کاووس، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گنبد کاووس ایران

ایمیل: [raeisi\\_hadi@yahoo.com](mailto:raeisi_hadi@yahoo.com)

### ۱ | مقدمه

طول عمر در این گونه مانند بسیاری دیگر از صفات با توجه به توزیع وسیع جغرافیایی، متنوع است. در برخی جمعیت‌ها ممکن است یک سال و چند ماه باشد و بعد از تخم‌ریزی بمیرد یا در فرم خاصی از این گونه حتی تا حدود ۸ سال هم عمر کند، اما طول عمر معمول در این ماهی کمی بیشتر از ۳ سال است. ماهی در سن یک‌سالگی به بلوغ می‌رسد که می‌تواند بسته به نوع آن در دو یا سه‌سالگی هم باشد (Abdoli, 1991). پارامترهای پویایی جمعیت زیر بنای مدل‌های تحلیل و بررسی در بحث ارزیابی ذخایر هستند و با محاسبه آن‌ها می‌توان اطلاعات دقیقی در مورد ذخایر به‌دست آورد (Sparre and venema, 1998). مطالعه پویایی جمعیت آبیان یکی از مبانی اصلی بررسی زیستی ماهیان بوده و کاربرد بوم‌شناختی دارد (Lee and Robert, 2002). به‌منظور محاسبه فراوانی نسبی گونه‌های گوناگون در یک پیکره آبی و همچنین اثر افزایش در فراوانی یک گونه روی وضعیت ذخیره گونه‌های دیگر، برآورد پارامترهای حیاتی همچون رشد، ذخایر اضافه‌شونده، مرگ‌ومیر، مهاجرت و اندازه‌گیری اثر صید و صیادی می‌تواند مفید باشد. درک فاکتورهایی

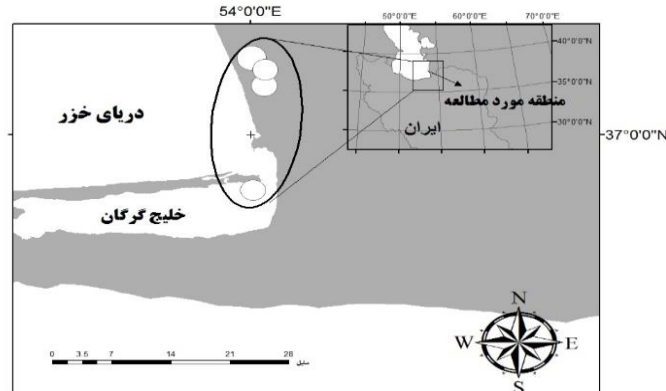
ماهیان سه‌خاره از راسته Gasterosteiformes و خانواده Gasterosteidae. دارای ۵ جنس و حدود ۱۸ گونه هستند ( Eschmeyer and Fong, 2011). ماهی آبنوس یا سه‌خاره (*Gasterosteus aculeatus*) در شمال اروپا، امریکای شمالی و آسیا در آب‌های شور و شیرین یافت می‌شود.

ماهی سه‌خاره دارای رفتارهای تولیدمثلی پیچیده شامل نمایش-های جنسی، لانه‌سازی و مراقبت والدینی هستند. در مورد تعداد گونه‌های این جنس بحث‌ها و نظرات متفاوتی وجود دارد، اما در کل دو گونه *G. aculeatus* و *G. wheatlandi* مورد پذیرش اکثر صاحب نظران می‌باشد (Coad, 1996; Smith et al, 2004).

ماهی سه‌خاره یکی از گونه‌های غیربومی حوضه خزر جنوبی است که در منطقه ساحلی تالاب گمیشان دیده می‌شود. اولین حضور این گونه در خزر جنوبی مربوط به سال ۱۹۹۱ در منطقه بهشهر است (Hajimoradlou et al., 2007). حاجی‌مرادلو و همکاران (Hajimoradlou et al., 2007) نشان داد که این گونه با فراوانی بالا در کانال‌های منتهی به تالاب گمیشان وجود دارد.

## ۲ | مواد و روش‌ها

تعداد ۲۴۷ نمونه ماهی سه‌خاره از بهمن ماه سال ۱۳۹۶ تا اسفند ماه سال ۱۳۹۸ در منطقه جنوب شرق دریای خزر در محدوده تالاب گمیشان جمع آوری گردید (شکل ۱). نمونه‌های مورد مطالعه در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند و جهت انجام کارهای آزمایشگاهی به آزمایشگاه اکولوژی ماهیان دانشگاه گنبدکاووس انتقال یافتند.



شکل ۱- منطقه نمونه برداری ماهی سه‌خاره در جنوب شرق دریای خزر در محدوده کانال‌های زهکش تالاب گمیشان و خلیج گرگان

استفاده از معادلات رشد ابتدا به وسیله روش‌های تعیین بافت‌های سخت بدن و سپس به وسیله آنالیز ترکیب طولی و روش پترسن در نرم-افزار FiSAT انجام شد.

رشد از طریق برازش تابع رشد فون برتالانفی براساس داده‌های فراوانی طولی مورد بررسی قرار گرفت. معادله رشد فون برتالانفی به صورت زیر تعریف می‌شود (Sparre and venema, 1998):

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

طبق این معادله

$L(t)$  طول ماهی در زمان سن  $(t)$ ،  $L_{\infty}$  حداکثر طولی است که یک آبی می‌تواند به آن برسد.  $t$  سن ماهی در زمان صید و  $t_0$  سن فرضی ماهی وقتی که طول صفر است (Sparre and venema, 1998).

پارامتر  $K$  به عنوان آهنگ رشد آبی مطرح می‌شود و نشان دهنده آهنگ رسیدن ماهی به طول بی-نهایت ( $L_{\infty}$ ) است.

هم‌چنین به منظور محاسبه  $t_0$  از فرمول تجربی پائولی استفاده گردید (Pauly, 1983):

$$\text{Log}(-t_0) = -0/3922 - 0/2752 \text{Log} L_{\infty} - 1/038 \text{Log} K$$

میزان  $W_{\infty}$  از طریق معادله زیر برآورد شد (Haddon, 2011):

$$\hat{W}_t = w_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

که  $W_{\infty}$  بیانگر وزن بی نهایت و  $b$  بیانگر شیب خط حاصل از رابطه طول و وزن است.

برای مقایسه پارامترهای رشد برآورد شده با سایر نتایج بر روی این گونه یا گونه‌های مشابه در سایر مناطق از آزمون فای پریم به شرح زیر

که زیتوده و فراوانی جمعیت ماهی را تعیین می‌کند، امروزه در علوم شیلاتی از مهم‌ترین مباحث هستند (Biswas, 1993).

تاکنون مطالعاتی روی ماهی سه‌خاره در دریای خزر صورت گرفته است (Patimar et al, 2010., Hajimoradlou et al, 2007., Al ) اما اطلاعات در مورد پارامترهای پویایی مانند مرگ و میر و رشد ماهی سه‌خاره در دریای خزر بسیار اندک و پراکنده می باشد. بنابراین این مطالعه با هدف مطالعه پارامترهای رشد و مرگ و میر این گونه در جنوب دریای خزر صورت گرفت.

اندازه‌گیری طول و وزن ماهی به ترتیب با استفاده از کولیس و ترازوی دیجیتالی انجام شد. تعیین جنسیت نمونه‌ها به صورت میکروسکوپی با بزرگنمایی ۱۰ و مشاهده ویژگی‌های ظاهری اندام‌های جنسی انجام شد. برای تعیین سن از فلس‌های بالای خط جانبی و زیر باله‌پشتی استفاده شد و فلس‌ها در زیر لوپ با بزرگنمایی ۱۰ و خواندن حلقه‌های رشد سالانه تعیین سن شدند.

برای تعیین طبقات طولی از فرمول استورجس استفاده شد (Sturges, 1926) و نمودار فراوانی طولی رسم گردید.

$$R = (\text{Max} - \text{Min}) + 1 \quad K = 1 + 3.3 \log n \quad C = R/K$$

که در آن  $n$  تعداد نمونه‌ها،  $k$  تعداد دسته و  $C$  فاصله طبقات می‌باشد.

رابطه طول و وزن برای هر گونه ماهی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (froese, 2006):

$$W = aL^b$$

در این معادله  $W$  وزن،  $a$  عرض از مبدا،  $L$  طول کل و  $b$  شیب خط می‌باشد. با استفاده از روش حداقل مربعات باقی مانده‌ها برای ضرایب  $a$  و  $b$  مقادیر بهینه از طریق فرمول زیر به دست آمد (Haddon, 2011):

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

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

جایی که  $SSQ$  برابر با اختلاف وزن مدل و وزن مشاهداتی است و سپس از طریق SOLVER در نرم‌افزار EXCEL-2016 به روش حداقل مربعات برازش صورت گرفت.

استفاده شد (Gayaniilo and Pauly, 1997):

$$\phi = \log K + 2 \log L_{\infty}$$

پارامترهای مدل از معادله رشد فون برتالانفی توضیح داده شده در بالا به دست می‌آید.

روش استنتاج چند مدلی: از یک رویکرد اطلاعاتی-تئوریک به نام استنتاج چند مدلی (MMI, multi-model, information theoretic approach) 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 وان برتالانفی (VB)، یک نسخه سه پارامتری از معادله Gompertz (GOM) و منحنی رشد لوجستیک (LOG) بودند. هر مدل نشان-دهنده فرض H<sub>1</sub> برای رشد بود، و در هر مورد، رشد نامتقارن فرض می‌شد. مدل‌ها با استفاده از روش حداقل مربعات غیرخطی در نرم‌افزار اکسل برازش شدند.

سه مدل استفاده شده به صورت زیر بود:

Von Bertalanffy (VB): (۱)  

$$L_t = \beta_2 + (\beta_1 - \beta_2)(1 - \exp(-\beta_3 t))$$

در این معادله: که  $L_t$  برابر است با طول به‌عنوان تابعی از زمان،  $\beta_1$  برابر است طول بی‌نهایت برحسب سانتی‌متر،  $\beta_2$  برابر است با طول هنگام تولد ( $L_0$ ) و  $\beta_3$  برابر است با  $k$  (years<sup>-1</sup>)

Gompertz (GOM): (۲)

$$L_t = \beta_2 \exp\left(\ln \frac{\beta_2}{\beta_1}\right) (1 - \exp(-\beta_3 t))$$

در این معادله:  $L_t$  برابر است با طول به‌عنوان تابعی از زمان،  $\beta_1$  برابر است طول بی‌نهایت برحسب سانتی‌متر،  $\beta_2$  برابر است با طول هنگام تولد ( $L_0$ ) و  $\beta_3$  برابر است با  $k$  (years<sup>-1</sup>).

Logistic (LOG): (۳)

$$L_t = \frac{\beta_1 \beta_2 \exp(\beta_3)}{\beta_1 + \beta_2 (\exp(\beta_3 t) - 1)}$$

در این معادله:  $L_t$  برابر است با طول به‌عنوان تابعی از زمان،  $\beta_1$  برابر است با طول بی‌نهایت برحسب سانتی‌متر،  $\beta_2$  برابر است با نقطه عطف طول و  $\beta_3$  برابر است با  $k$  (years<sup>-1</sup>). مدل‌ها با استفاده از روش Maximum Likelihood در نرم‌افزار آماري 2016-Excel با استفاده از زبان برنامه VPA برازش شدند (Haddon, 2011). مقدار بیشینه سن ماهی سه‌خاره از طریق معادله زیر برآورد شد (Pauly, 1983):

$$T_{max} = \frac{3}{K}$$

برای جدا کردن گروه‌های همزاد از روش باتاچاریا استفاده شد. در این روش بیشتر از چشم و سایر داده‌های رشد مانند حداکثر سن

استفاده می‌کنند. باید توجه داشت برای صحت انجام جداسازی گروه‌های همزاد باید شاخص جداسازی (Separation Index) بزرگتر از دو باشد (Sparre and Venema, 1998).

برای مقایسه میانگین طولی بین دو جنس نر و ماده و در بین دو سد مختلف از Randomization test و با استفاده از برنامه‌نویسی VBA استفاده شد.

برای برآورد مرگ‌ومیر چون این گونه تجاری نمی‌باشد و صید نمی‌شود فقط مرگ‌ومیر طبیعی برآورد گردید و باتوجه تفاوت زیاد بین مرگ‌ومیر طبیعی در سنین مختلف از مدل چن و واتانابه برای برآورد مرگ‌ومیر طبیعی در هر سن استفاده شد (Chen and Watanabe, 1989)؛ چن و واتانابه (Chen and Watanabe, 1989) وقتی که در مقابل سن رسم می‌شود یک منحنی  $u$  شکل را می‌سازد (منحنی وان حمام مانند). برای این مدل آن‌ها از دو تابع استفاده کردند: یک تابع که کاهش میزان مرگ‌ومیر را در دوران ابتدایی زندگی و دومین تابع که افزایش میزان مرگ‌ومیر را در دوران انتهایی زندگی نشان می‌دهد. برای به‌دست آوردن میزان مرگ‌ومیر از پارامترهای  $k$  و  $t_0$  استفاده می‌شود:

$$M(t) = \begin{cases} \frac{k}{1 - e^{-k(t-t_0)}}, & t \leq t_m \\ \frac{k}{a_0 + a_1(t - t_m) + a_2(t - t_m)^2}, & t \geq t_m \end{cases}$$

که در آن:

$$\begin{cases} a_0 = 1 - e^{-k(t_m - t_0)} \\ a_1 = k e^{-k(t_m - t_0)} \\ a_2 = -\frac{1}{2} k^2 e^{-k(t_m - t_0)} \end{cases}$$

در این توابع  $t_m$  از معادله زیر به دست می‌آید:

$$t_m = -\frac{1}{k} \ln(1 - e^{kt_0}) + t_0$$

برای بررسی تفاوت معنی دار  $b$  به دست آمده از رابطه طول-وزن در این مطالعه با  $b$  ایزومتری از رابطه زیر استفاده شد (Sokal and Rohlf, 1987):

$$t_s = \frac{b - 3}{s_b}$$

جایی که  $t_s$  عدد  $t$ -test،  $b$  شیب خط رابطه طول-وزن و  $s_b$  خطای معیار شیب خط است.

### ۳ | نتایج

در مجموع تعداد ۲۴۷ عدد ماهی سه‌خاره از آب‌های جنوب شرق دریای خزر مورد زیست‌سنجی قرار گرفت. از ۲۳۷ عدد ماهی آب‌های جنوب شرق دریای خزر ۱۰۶ نر و ۱۳۱ ماده تعیین جنسیت شدند. میانگین طول برای جنس نر  $5/434 \pm 0/063$  سانتی‌متر و برای جنس ماده  $5/894 \pm 0/063$  سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۱).

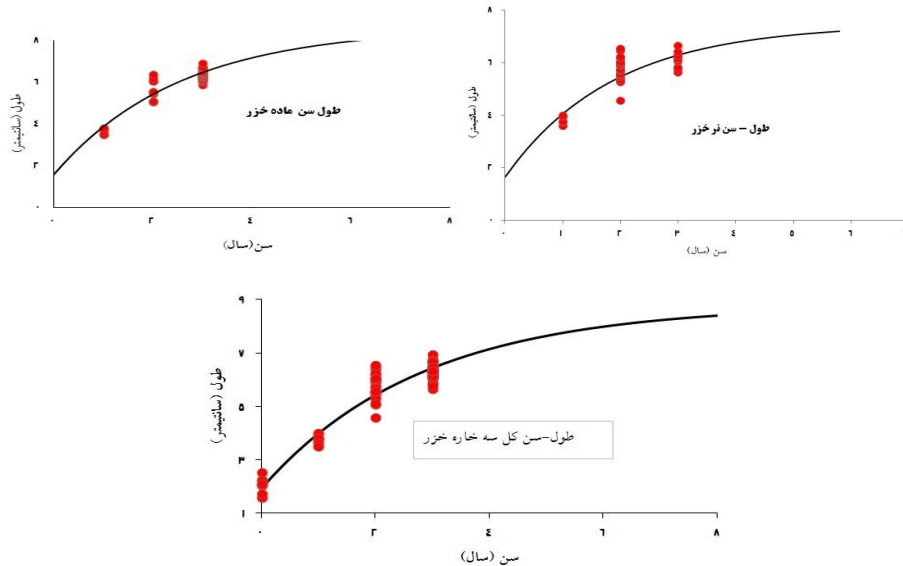
جدول ۱- نتایج زیست‌سنجی برحسب طول چنگالی و وزن کل برای ماهی سه‌خاره جنوب شرق دریای خزر

جنسیت	طول (سانتیمتر)			وزن (گرم)		
	حداکثر	حداقل	خطای معیار	حداکثر	حداقل	خطای معیار
نر	۶/۷۰۳	۳/۳۷۴	۰/۰۶۳	۱/۹۸۷	۰/۳۸۲	۰/۰۶۲
ماده	۷/۲۲۹	۳/۲۲۹	۰/۰۶۳	۲/۷۶۴	۰/۳۰۸	۰/۰۷۶
کل	۷/۲۲۹	۱/۳۷۷	۰/۰۷۱	۲/۰۸۱	۰/۰۴۰	۰/۰۵۹



مقادیر به‌دست آمده به روش توزیع فراوانی طولی برای ماهی سه‌خاره، نمودار طول-سن رسم شد. نمودار طول-سن ترسیم شده بیانگر رشد سریع تا ۳ سالگی برای جنس نر و تا ۴ سالگی برای جنس ماده می‌باشد؛ بعد از این سنین میزان رشد کاهش یافته تا سن ۴ سالگی در جنس نر و تا ۶ سالگی در جنس ماده به یک مجانب می‌رسد (شکل ۴).

مقادیر  $L_{\infty}$  و  $K$  برای گونه *G. aculeatus* برای هر دو جنس به ترتیب ۰/۳۵۶، در سال و ۸/۹۷ سانتی‌متر برای جنس نر به ترتیب، ۰/۶۲ در سال و ۷/۱ سانتی‌متر و برای جنس ماده به ترتیب ۰/۴۱ در سال و ۷/۸۱ سانتی‌متر به‌دست آمد. منحنی‌های طول سن براساس مقادیر به‌دست آمده برای  $L_{\infty}$  و  $K$  ترسیم شد (شکل ۴). با استفاده از



شکل ۴- نمودار رابطه سن (سال) و طول (سانتی‌متر) ماهی سه‌خاره خزر

همچنین برای جنس ماده ماهی سه‌خاره به صورت زیر بود:

$$\hat{W}_T = 1346.36[1 - e^{-0.51(t - -0.307)}]^{2.49}$$

نمودار وزن-سن ترسیم شده نشان‌دهنده سرعت رشد کم تا سن ۲ سالگی می‌باشد. پس از ۲ سالگی تا سن ۵ سال سرعت رشد افزایش می‌آید. از سن ۵ سال تا ۷ سال، این میزان رشد بطئی‌تر شده تا ۸ سالگی به بعد به یک مجانب می‌رسد (شکل ۵).

برای به‌دست آوردن میزان مرگ‌ومیر در هر گروه سنی، از پارامترهای  $k$  و  $t_0$  استفاده شد (شکل ۶).

شاخص فای پریم مونرو  $\Phi'$  برای جنس نر و ماده و کل به ترتیب، ۱/۵۱، ۱/۳۹ و ۱/۴۳ محاسبه شد.

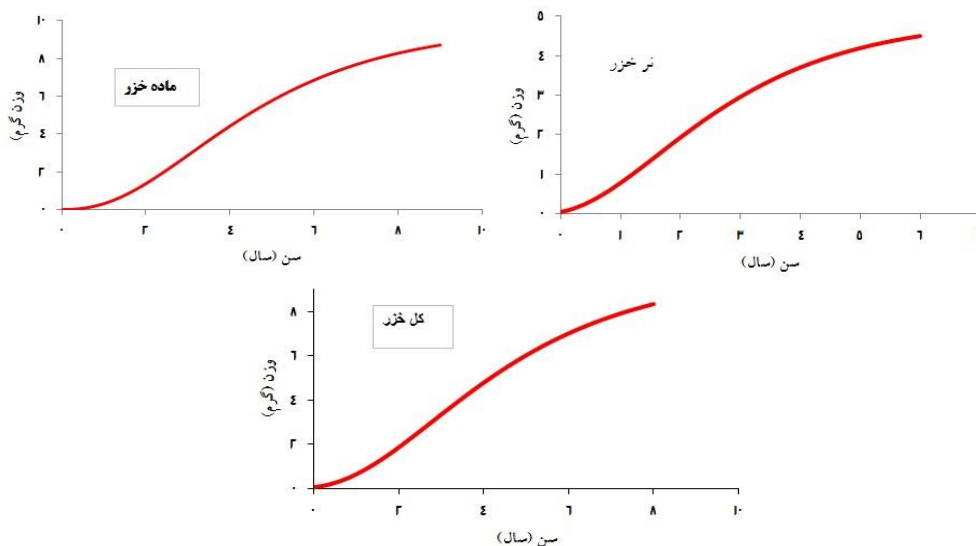
$$\text{ماده } 1/39 = \phi = \log 0.41 + 2\log 7.81$$

$$\text{نر } 1/51 = \phi = \log 0.62 + 2\log 7.1$$

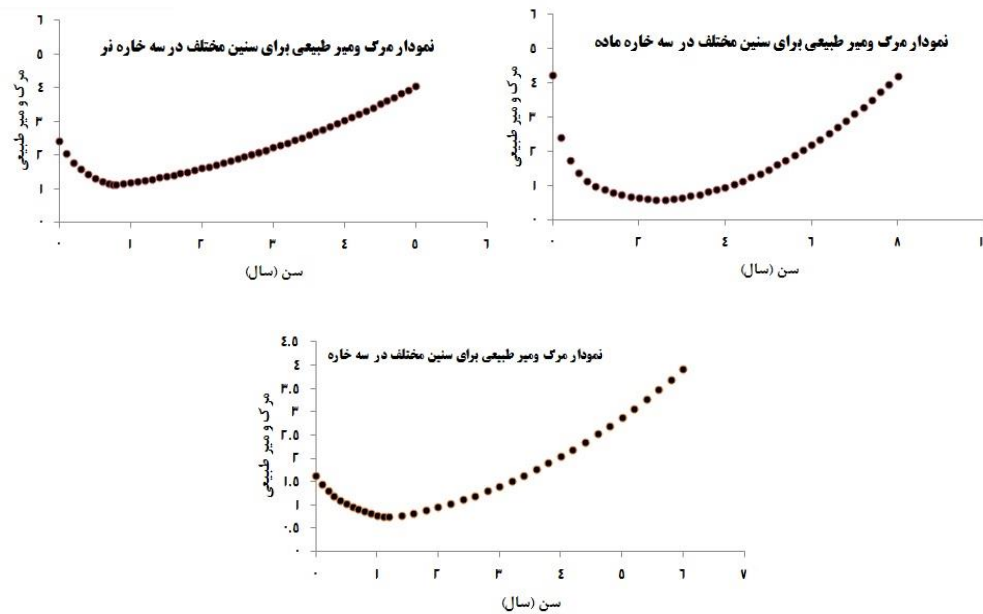
$$\text{کل } 1/43 = \phi = \log 0.356 + 2\log 8.97$$

نمودار وزن-سن با استفاده از مقادیر به‌دست آمده برای ماهی سه‌خاره رسم شد. باتوجه به پارامترهای به‌دست آمده رابطه وزن-سن برای جنس نر به صورت زیر بود:

$$\hat{W}_T = 864.19[1 - e^{-0.53(t - -0.307)}]^{2.79}$$



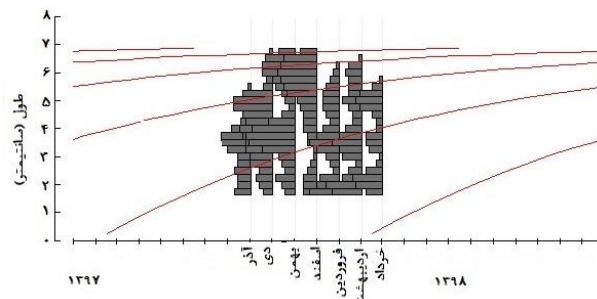
شکل ۵- رابطه وزن-سن برای ماهی سه‌خاره جنوب شرق دریای خزر



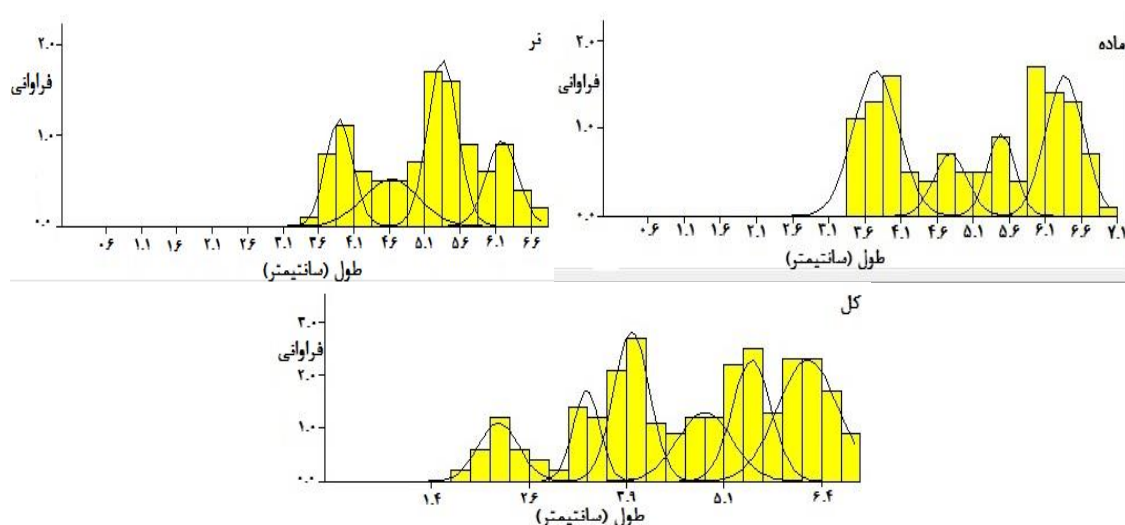
شکل ۶- میزان مرگ و میر طبیعی برآورده به روش جن و واتابه برای ماهی سه‌خاره در سنین مختلف

بالاترین نرخ بازگشت شیلاتی طی این ماه‌ها رخ می‌دهد. بزرگترین دسته‌های طولی در ماه‌های دی بهمن و اسفند مشاهده شد (شکل ۷). روش باتاچاریا تشخیص داده شد. در این بررسی برای ماهیان نر و ماده ۴ کوهورت و کل ۶ کوهورت تشخیص داده شد (شکل ۸).

با در نظر گرفتن فراوانی‌های طولی مشاهده شده و پارامترهای رشد محاسبه شده، منحنی رشد گروه‌های همزاد طولی نیز رسم شد. ترسیم منحنی‌های گروه‌های همزاد که تغییرات توزیع فراوانی طولی را در بین فصول مختلف دنبال می‌کند؛ بیانگر وجود ۴ کوهورت قابل تشخیص برای کل ماهیان بود. بیشترین فراوانی ماهیان نابالغ برای هر دو جنس در فروردین و اردیبهشت مشاهده شد. این پدیده بیانگر این است که



شکل ۷- منحنی گروه‌های همزاد طولی برای کل ماهیان جنوب شرق دریای خزر



شکل ۸- نمودارهای توزیع فراوانی طولی گروه‌های همزاد جداسازی شده ماهی سه‌خاره جنوب شرق دریای خزر

در این بررسی برای ماهی سه‌خاره در فصل پاییز ۳ کوهورت، در زمستان ۵ کوهورت، در بهار ۳ کوهورت تشخیص داده شد (شکل ۹ و جدول ۵).

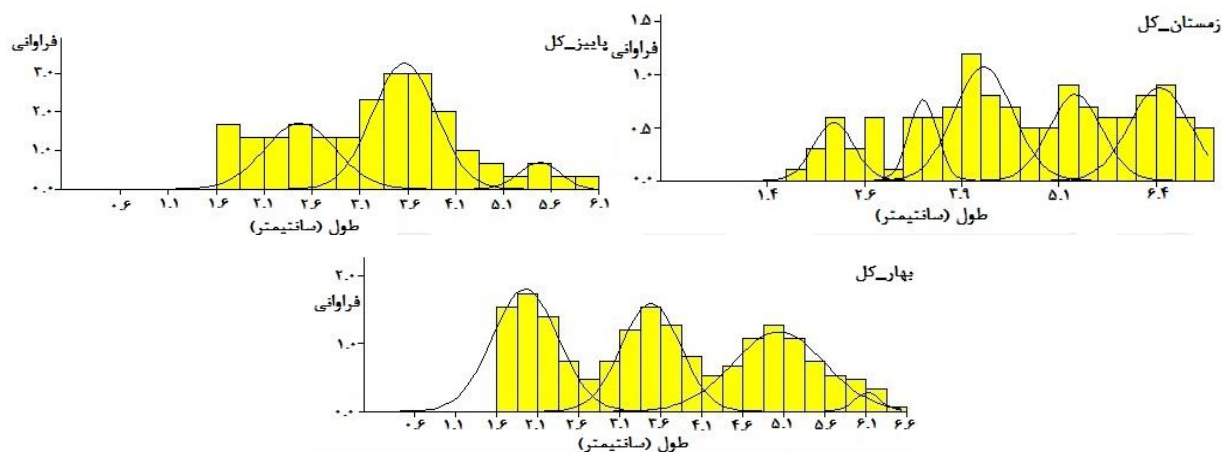
کمترین میانگین طولی برای اولین کوهورت در فصل بهار با  $1/97 \pm 0/4$  و بیشترین میانگین طولی برای کوهورت پنجم و در فصل زمستان اتفاق افتاد (جدول ۵).

کمترین میانگین طولی مربوط به گروه اول و بیشترین میانگین طولی برای گروه ششم برای کل ماهیان بود (جدول ۴). همچنین با استفاده از فراوانی طولی در طی فصول مختلف، نمودار گروه‌های همزاد در فصول مختلف رسم شد.

جدول ۴- گروه‌های همزاد برای ماهی سه‌خاره به تفکیک جنسیت

کل	ماده	نر	فصل	
			گروه‌های همزاد	
۲/۲۳	۳/۷۸	۳/۹۲	میانگین	
۰/۲۶۰	۰/۳۱۰	۰/۱۹۰	انحراف استاندارد	
۲۸/۵۴	۵۱/۴۷	۲۲/۳۲	جمعیت (درصد)	
n.a	n.a	n.a	شاخص جداسازی*	
۳/۳۶	۴/۸۱	۴/۶۵	میانگین	
۰/۱۷۰	۰/۲۳۰	۰/۳۹۰	انحراف استاندارد	
۲۹/۳۳	۱۶/۳۹	۲۰/۲۴	جمعیت (درصد)	
۲/۵۶۰	۲/۲۴۰	۲/۰۷۰	شاخص جداسازی	
۳/۹۴	۵/۵۱	۵/۳۸	میانگین	
۰/۲۳۰	۰/۱۹۰	۰/۲۱۰	انحراف استاندارد	
۶۵/۰۲	۱۷/۸۲	۳۸/۶۴	جمعیت (درصد)	
۲/۱۱۰	۲/۱۱۰	۲/۰۵۰	شاخص جداسازی	
۴/۸۸	۶/۳۹	۶/۲۲	میانگین	
۰/۳۵۰	۰/۲۶۰	۰/۲۲۰	انحراف استاندارد	
۴۵/۶۹	۴۱/۵۸	۲۰/۸۴	جمعیت (درصد)	
۲/۱۷۰	۲/۱۵۰	۲/۱۴۰	شاخص جداسازی	
۵/۴۸			میانگین	
۰/۲۵۰			انحراف استاندارد	
۵۷/۰۸			جمعیت (درصد)	
۲/۰۰۰			شاخص جداسازی	
۶/۳۰			میانگین	
۰/۳۹۰			انحراف استاندارد	
۸۹/۷۲			جمعیت (درصد)	
۲/۰۳۰			شاخص جداسازی	

\* شاخص جداسازی بالاتر از ۲ بیانگر صحت گروه بندی کوهورت‌ها بود.



شکل ۹- نمودارهای توزیع فراوانی طولی گروه‌های همزاد جداسازی شده ماهیان سه‌خاره

جدول ۵- اطلاعات مربوط به گروه‌های همزاد جدا شده به روش پاتاچارا برای ماهی سه‌خاره در فصول مختلف

کل دوره	زمستان	پاییز	بهار	فصل	
				گروه‌های همزاد	
گروه اول	۲/۲۳	۲/۵۰	۱/۹۷	میانگین	
	۰/۲۶۰	۰/۳۷۰	۰/۴۰۰	انحراف استاندارد	
	۱۴/۲۷	۶/۳۵	۳۶/۱۲	جمعیت (درصد)	
	n.a	n.a	n.a	شاخص جداسازی	
گروه دوم	۳/۳۸	۳/۵۹	۳/۵۰	میانگین	
	۰/۱۸۰	۰/۳۳۰	۰/۳۶۰	انحراف استاندارد	
	۱۳/۹۰	۱۰/۸۴	۲۸/۶۸	جمعیت (درصد)	
	۲/۵۶۰	۲/۲۸۰	۲/۶۵۰	شاخص جداسازی	
گروه سوم	۴/۱۶	۵/۰۰	۵/۰۶	میانگین	
	۰/۳۸۰	۰/۲۱۰	۰/۵۶۰	انحراف استاندارد	
	۴۰/۸۸	۱/۴۵	۳۲/۹۱	جمعیت (درصد)	
	۲/۱۲۰	۲/۴۴۰	۲/۳۳۰	شاخص جداسازی	
گروه چهارم	۵/۳۴		۶/۱۴	میانگین	
	۰/۳۴۰		۰/۱۶۰	انحراف استاندارد	
	۲۷/۷۸		۲/۱۸	جمعیت (درصد)	
	۲/۲۰۰		۲/۱۳۰	شاخص جداسازی	
گروه پنجم	۶/۴۲			میانگین	
	۰/۳۹۰			انحراف استاندارد	
	۳۴/۳۶			جمعیت (درصد)	
	۲/۱۲۰			شاخص جداسازی	

#### ۴ | بحث و نتیجه‌گیری

مختلف تا حدودی اختلاف وجود دارد (جدول ۷). در رابطه طول و وزن، مقادیر a و b نه تنها در گونه‌های مختلف، بلکه در گونه‌های یکسان نیز با یکدیگر تفاوت دارند. علت این اختلاف را می‌توان به نوسانات فصلی، تغییرات درجه حرارت و شوری، شرایط تغذیه‌ای و محل باروری ماهی نسبت داد (Biswass, 1993). همچنین گزارش شد که رابطه طول و وزن در ماهیان تحت تأثیر عوامل متعددی مانند فصل نمونه‌برداری، زیستگاه، بلوغ جنسی، جنسیت، رژیم غذایی، سلامت ماهی و روش‌های تثبیت کردن نمونه‌های صید شده می‌باشد (Wootn, 2009)..

در بررسی حاضر محدوده طولی برای ماهی سه‌خاره دریای خزر بین ۱/۲ سانتی‌متر سانتی‌متر تا ۶ سانتی‌متر و بیشترین درصد فراوانی کل در محدوده طولی بین ۵/۵-۵ سانتی‌متر برای جنس نر و بین ۴-۳/۵ سانتی‌متر برای جنس ماده برآورد شد، که با تحقیقات انجام شده در دنیا هم‌خوانی دارد (جدول ۶).

در این مطالعه میزان b بین ۲/۵-۳/۵ برآورد شد. بنابراین می‌توان گفت که این پارامتر برآورد شده قابل قبول است (Frose, 2006). بین a و b برآورد شده در این مطالعه با بعضی مطالعات دیگر در مناطق

جدول ۶- بیشترین طول چنگالی مشاهده شده در مناطق مختلف بر حسب سانتی‌متر

بیشترین طول	منطقه تحقیق	سال تحقیق	پژوهشگران
۱۰	Caspian sea	۲۰۰۰	Iranian Fisheries Company and Iranian Fisheries Research Organization
۱۰	Chesapeake Bay	۱۹۹۷	Murdy, E.O., R.S. Birdsong and J.A. Musick
۸/۷	Chukchi sea	۱۹۸۵	Fechhelm, R.G., P.C. Craig, J.S. Baker and B.J. Gallaway
۱۰	Europe	۲۰۰۷	Kottelat, M. and J. Freyhof

جدول ۷- روابط طول-وزن برای ماهی سه‌خاره در دیگر نقاط دنیا

R <sup>2</sup>	b	a	پژوهشگران	کشور	منطقه
۰/۹۵۶	۳/۲۸۴	۰/۰۰۷	Izedi, et al., (2020)	ایران	دریای خزر (مطالعه حاضر)
۰/۷۶۲	۲/۶۱۱	۰/۰۲۳۹۰	Wilhelms, 2013		دریای شمال
۰/۹۰۰	۳/۰۴۹	۰/۰۱۰۵۰	Verreycken et al, 2011	بلژیک	فلاندرز
۰/۹۵۸	۳/۲۶۰	۰/۰۰۶۸۰	Tarkan et al, 2006	ترکیه	Lake Iznik
۰/۸۸۴	۳/۵۴۴	۰/۰۰۴۴۰	Esmaili and Ebrahimi, 2006	ایران	
	۳/۶۱۰	۰/۰۱۰۰۰	Ruiz-Campos et al, 2006	مکزیک	دهانه رودخانه های شمال غربی باجا کالیفرنیا

دیگر روی این گونه در نقاط دیگر دنیا مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۸). بین شاخص فای پریم مونرو به‌دست آمده در این مطالعه و دیگر شاخص‌های فای پریم به‌دست آمده در دیگر مطالعات برای گونه *G. aculeatus* یک مجموع از داده‌ها شکل گرفت که این مجموع از توزیع نرمال پیروی کردند پس می‌توان گفت که پارامترهای رشد به‌دست آمده در این مطالعه دارای دقت و صحت مناسب هستند.

بین پارامترهای طول بی‌نهایت ( $L_{\infty}$ ) و ضریب رشد سالانه (K) ماهی سه‌خاره در این مطالعه و مطالعات دیگر تفاوت‌هایی وجود داشت. به‌دلیل اثرگذاری شرایط محیطی نظیر درجه حرارت، اکسیژن محلول، شوری و سایر عوامل محیطی دیگر بر متابولیسم ماهیان، پارامترهای رشد برای یک گونه در نقاط مختلف، متفاوت است (Jones, 1999). میزان ذخیره غذایی قابل دسترس به‌طور شاخص بر طول بی‌نهایت تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر دگرگونی‌های دمای زیست محیطی، هم بر ضریب رشد و هم بر طول بی‌نهایت اثرگذار است و به‌نظر می‌آید که مقدار k به‌طور لگاریتمی با افزایش دمای آب افزایش می‌یابد و در طرف دیگر از میزان طول بی‌نهایت کاسته می‌شود، هر چند که آهنگ کاهش  $L_{\infty}$  به نسبت کم‌تر از آهنگ افزایش k است (Sparre and Venema, 1998).

بر اساس نظریه‌های بسیاری از دانشمندان مقادیر b در محدوده ۴-۲/۵ قرار دارد و هرچه این عدد به ۳ نزدیک‌تر باشد رشد ماهی در تمامی ابعاد یکسان خواهد بود (King, 1995). برای ماهی سه‌خاره در این مطالعه میزان b برای هر دو جنس تفاوت معنی‌داری با ۳ داشت (۰/۰۵ < p). این نتایج نشان داد که ماهی سه‌خاره دارای رشد آلومتریک مثبت است و با افزایش سن قطر و ارتفاع ماهی نسبت به طول ماهی رشد بیشتری نشان می‌دهد و تفاوت در رشد ابعاد مختلف ماهی در طول زندگی وجود دارد که این تفاوت در آهنگ رشد ابعاد مختلف بدن بیانگر این است که ماهیان کوچک‌تر نسبت به ماهیان بالغ‌تر لاغرتر و کشیده‌تر به‌نظر می‌رسند.

داده‌های طولی ماهی سه‌خاره در این تحقیق فاقد توزیع نرمال بودند و با انجام آنالیز مونت کارلو نیز هیچ توزیع مستقلی برای داده‌ها پیدا نشد. که وجود این نقص ممکن است به کمیاب بودن ماهی سه‌خاره برگردد که نمونه‌برداری‌ها فقط گوشه‌ای از یک توزیع را نشان می‌دهد (Haddon, 2011). برای غلبه بر این مشکل از آزمون Randomization استفاده گردید که بیانگر تفاوت معنی‌داری در طول ماهیان نر و ماده سه‌خاره در منطقه مورد مطالعه بود. داده‌های رشد به‌دست آمده در این مطالعه با داده‌های رشد به‌دست آمده در مطالعات

جدول ۸- پارامترهای رشد طول بی‌نهایت برحسب سانتی‌متر ( $L_{\infty}$ )، ضریب رشد سالانه

منطقه	پژوهشگران	جنس	فای پریم ( $\Phi$ )	ضریب رشد (K)	طول بی‌نهایت ( $L_{\infty}$ )
مطالعه حاضر (تالاب گمیشان)	Izedi et al, 2020	جمعیت	۱/۴۳	۰/۳۵۶	۸/۹۷
Kandalaksha Bay	Yershov, 2015	ماده	۱/۵۹	۰/۶۷۰	۷/۷
Kandalaksha Bay	Yershov, 2015	نر	۱/۶۵	۰/۵۷۰	۸/۹
Gheshire, England	Jones and Hynes, 1950	نامشخص	۱/۴۶	۰/۶۴	۶/۷
Kiel Bay, eelgrass beds	Pauly, 1978	نامشخص	۱/۹۳	۱/۷۹۰	۶/۹
Roscoff, brackish waters	Pauly, 1978	ماده	۱/۹۴	۲/۴۰۰	۶/۰
Roscoff, brackish waters	Pauly, D., 1978	نر	۱/۹۵	۴/۲۰۰	۴/۶
Navarro River (upstream), Mendocino coast, California	Snyder, 1991	نامشخص	۱/۹۹	۱/۷۷۰	۷/۴
Navarro River (estuary), Mendocino coast, California	Snyder, 1991	نامشخص	۱/۹۹	۱/۷۸۰	۷/۴

ارائه گردید. ماهی سه‌خاره در زمهره ماهیان غیر بومی وارد شده به دریای خزر است. شناخت ویژگی‌های رشد و مرگ‌ومیر این ذخیره می‌تواند به مدیریت بهتر این ذخیره کمک نماید. باتوجه به اینکه این گونه میزان تطابق پذیری بالایی دارد می‌تواند به‌عنوان تهدیدی برای گونه‌های منطقه باشد. همچنین بسته به شناخت بهتر این ذخیره و خصوصیات زیستی این ذخیره میتوان با در اختیار گذاشتن این اطلاعات با مدیران شیلاتی حتی به این ذخیره که فاقد رفتار تهاجمی هست به‌عنوان یک فرصت توجه کرد. اما تمام مسائل گفته شده بستگی به شناخت بهتر ویژگی‌های این ذخیره دارد. مطالعه حاضر اطلاعاتی در مورد ویژگی‌های پویایی این ذخیره در اختیار قرار می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای مطالعات گسترده‌تر آینده در نظر گرفته شود.

#### ۵ | تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مهندس ارسلان بهلکه، که در جمع‌آوری نمونه و کارهای آزمایشگاهی کمک فراوانی کردند نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

در مطالعه حاضر برخلاف مطالعات دیگر، مرگ‌ومیر به روش چن و واتابه مورد بررسی قرار گرفت، که مرگ‌ومیر را در هر گروه سنی برای جنس نر و ماده مشخص کرد و در محاسبه میزان مرگ‌ومیر در هر گروه سنی، از پارامترهای k و  $t_0$  استفاده شد. به‌طورکلی، با توجه به مطالعه انجام شده می‌توان به این نتیجه رسید که، ذخایر ماهی سه‌خاره از نظر سنی، کوچک‌تر شده و همچنین میزان مرگ‌ومیر در گروه‌های سنی مختلف افزایش یافته است (جدول ۸). جمعیت و ذخایر ماهیان پویا هستند و پارامترهای حیاتی آن‌ها با گذشت زمان تغییر می‌کند، در نتیجه ثبات طولانی مدت این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های ساختار یک جمعیت غیرممکن است. به‌همین دلیل جهت برآورد این پارامترها باید در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری صورت گیرد (Begg, et al, 1999).

در این مطالعه با استفاده از روش‌های مختلف داده‌های رشد و مرگ‌ومیر تجزیه و تحلیل شد و تخمین‌های دقیقی از این پارامترها

## پست الکترونیک نویسندگان

sepide.izd72@gmail.com : سپیده ایزدی:  
 raeisi\_hadi@yahoo.com : هادی ریبسی:  
 ainazshirangi@gmail.com : آیناز شیرنگی:  
 gholizade\_mohammad@yahoo.com : محمد قلی‌زاده:

## REFERENCES

- Jones J.W., Hynes H.B.N. 1950. The age and growth of *Gasterosteus aculeatus*, *Pygosteus pungitius* and *Spinachia vulgaris* as shown by their otoliths. *Journal of Animal Ecology*, 19:59-73.
- Jones R.E., Petrell R.J., Pauly D. 1999. Using modified Length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacultural Engineering*, 2:261-276.
- Katsanevakis S., Maravelias C.D. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to 257 a priori using von bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9: 178-187.
- Lee A.f., Robert G.W. 2002. *Fishery science (the unique contributions of early life stages)* Blackwell publishing. pp: 33 - 45.
- Patimar R., Najafabadi M.H., Souraki M.G. 2010. Life history features of the nonindigenous three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758) in the Gomishan wetland (southeast Caspian Sea, Iran). *Turkish Journal of Zoology*, 34, 461-470.
- Pauly D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *Fao fish. Tech. pap.* 234, Rome, 52 p.
- Pauly D. 1980. On the inter relationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 39(2): 175-192.
- Pauly D., 1978. A preliminary compilation of fish length growth parameters. *Ber. Inst. Meeresk. Christian-Albrechts-Univ. Kiel* (55):1-200.
- Ruiz-Campos G., González A.F., Acosta A., De La Cruz J. 2006. Length-weight and length-length relationships for some continental fishes of northwestern Baja California, México. *Journal of Applied Ichthyology*, 22:314-315.
- Smith C., Barber I., Watton R., Chitkka L. 2004. A receiver bias in the origin of three-spined stickleback mate choice. *The Royal Society*, 271: 949-955.
- Sokal R.R., Rolf F.J. 1987. *Introduction to Biostatistics*. 2nd Edition. Freeman. New York, USA. 363 p.
- Sparre P., Venema S.C. 1998. *Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. Manual fao fish, tech. pap.* 306. Fao, Rome, Italy. 407p.
- Sturges H.A., 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American statistical association*, 21: 65- 66.
- Tolabi D., Valipour A. 1995. *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus 1759). *Fisheries research of guilan*, 12: 21-29.
- Tarkan A.S., Gaygusuz O., Acipinar H., Gürsoy C., Ozulug M., 2006. Length-weight relationship of fishes from the Marmara region (NW-Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 22:271-273.
- Snyder, R.J., 1991. Migration and life histories of the threespine stickleback: evidence for adaptive variation in growth rate between populations. *Environmental Biology and Fisheries*, 31:381-388.
- Verreycken, H., G. Van Thuyne and C. Belpaire, 2011. Length-weight relationships of 40 freshwater fish species from two decades of monitoring in Flanders (Belgium). *Journal of Applied Ichthyology*, 2011:1-5.
- Vothoghi M., Mostajir B. 1990. *Freshwater fish*. Tehran University. Iran. 317 p. (In Persian).
- Al Ali A. 2007. Morphometric and meristic in threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) populations, Southwest Caspian Sea. MSc thesis. Shahid Beheshti University. Tehran. Iran. (In Persian).
- Abdoli A. 1991. Introduction of a new fish species in water reservoirs of mazanderan province. *Journal of abzian*, 14: 25-29. (In Persian).
- Abdoli A. 2000. The inland water fishes of Iran. *Iranian mesuem of nature and wildlife*, Tehran. (In Persian).
- Borhan A. 2017. Some biological characteristics of threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) in two aquatic ecosystem, Gorganrod and Gharehsoo. MSc thesis. Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural resources. Gorgan. Iran. (In Persian).
- Begg G.A., Jonathan A.H., sheehan D. 1999. The role of life history parameters as indicators of stock structure. *Fisheries Research*, 43: 141-63.
- Biswas S.P. 1993. *Manual of methods in fish biology*, south Asian publisher's pvr. ltd., India. 157p
- Burnham K.P., Anderson D.R. 2001. Kullback-leibler information as a basis for strong inference in ecological 219 studies. *Wildlife research*, 28: 111-119.
- Chen S., Watanabe S. 1989. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population's dynamics. *Nippon suisan gakkaiishi*, 55: 205-208.
- Coad B.W. 1996. Exotic and transplanted fishes in southwest Asia. *Publicaciones especiales instituto español de oceanografía*, 21: 81-106.
- Eschmeyer W.N., Fong J.D. 2011. Pisces. In: zhang, z.-q. (ed.). *Animal biodiversity: an outline of higher level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148: 26-38.
- Esmaili H.R., Ebrahimi M. 2006. Length-weight relationships of some freshwater fishes of Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 22:328-329.
- Froese R. 2006: cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *j. appl. ichthyol.* 22, 241-253.
- Gayanilo F.C., Pauly D. 1997. *Computed information series fisheries, fao-iclarm stock assessment tools*. Reference manual. Rome, Italy. 262 p.
- Ghasem zadeh H. 2007. Morphometric, meristic and karyotype in threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) populations in Southeast Caspian Sea. Shahid Beheshti University. Tehran. Iran. (In Persian)
- Haddon M. 2011: *modelling and quantitative methods in fisheries*, 2nd edn. Crc press, Taylor & Francis group, New York, USA. 449p.
- Hajmoradlou A., Ghornabi R., Irani A., Naeimi A., Mollaei m. 2007. A study of benthos and fish's composition and frequency in canal adjusted to gomishan lagoon, Caspian Sea. *Journal of fisheries*, 1: 27-38. (In Persian).

- Walker Jeffrey A. "ecological morphology of lacustrine threespine stickleback *gasterosteus aculeatus* L. (gasterosteidae) body shape." biological Journal of the Linnean society, 61: 3-50.
- Wilhelms I. 2013. Atlas of length-weight relationships of 93 fish and crustacean species from the North Sea and the North-East Atlantic (No. 12). Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries, 552 p.
- Yershov P., Sukhotin A., 2015. Age and growth of marine three-spined stickleback in the White Sea 50 years after a population collapse. Polar Biology, 38(11):1813-1823.

#### نحوه استناد به این مقاله:

ایزدی س.، رایسی ه.، شیرنگی آ.، قلی‌زاده م. بررسی پویایی‌شناسی ماهی سه‌خاره (*Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758) در سواحل جنوبی دریای خزر. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۰، ۷۷-۸۸، ۹(۴):

Izadi S., Raeisi H., Shirangi A., Gholizadeh M. Population dynamic of Three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus, 1758) from Sothern Caspian Sea. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2021, 9(4): 77-88.

## Population dynamic of Three-spined stickleback *Gasterosteuse aculateus* (Linnaeus, 1758) from Sothern Caspian Sea

Izadi S<sup>1</sup>., Raeisi H<sup>2\*</sup>., Shirangi A<sup>3</sup>., Gholizadeh M<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> M. Sc Student, ., Dept. of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

<sup>2</sup> Assistant Prof., Dept. of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

### Type:

Original Research Paper

### Paper History:

Received: 19-12-2021

Accepted: 26-02- 2022

### Corresponding author:

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

Email: raeisi\_hadi@yahoo.com

### Abstract

This study was aimed to estimate growth parameters and mortality rate of Three-spined stickleback caught from the southern Caspian Sea in Gomishan Wetland. Fish sampling was conducted from February 2018 until March 2020. Overall, 247 fish samples of Three-spined stickleback including 106 males and 131 females were caught and biometric measurements and sex identification were performed on the samples. Randomization test on gender mean length showed significantly difference between males and females. Maximum and minimum length for fork length and total weight were 1.37 and 7.22 respectively. Infinity, growth rate and  $t_0$  for stickleback were 8.79 cm,  $0.356 y^{-1}$ , 0.699. Natural mortality for males, females and total were calculated  $1.86y^{-1}$ ,  $1.76y^{-1}$  and  $1.64y^{-1}$  respectively. Mean relative weight of the female, male and total fish were 85.2%, 83.02% and 85.16%, respectively, implicating inadequate condition of the fish weight. The present findings help better understanding of biological status of stickleback stock in southeastern part of the Caspian Sea.

**Keywords:** *Gasterosteuse aculateus*, Caspian Sea, population dynamic, Growth, Mortality