

پویایی‌شناسی آترین ماهی (*Atherina caspia* (Eichwald, 1838) در خلیج گرگان - جنوب شرق

دریای خزر

چکیده

این مطالعه باهدف بررسی پارامترهای پویایی‌شناسی جمعیت آترین ماهی (*A. caspia*) در آب‌های خلیج گرگان در دوره مهاجرت به مناطق کم‌عمق این‌گونه از اسفند ۱۳۹۵ تا مهرماه ۱۳۹۶ در ساحل شمالی خلیج در مجاورت شبه‌جزیره میانکاله در محدوده مصب خلیج تا کانال خوزینی صورت پذیرفت. تعداد ۸۰۰ نمونه با تور پره چشمه ریز صید و بیومتری شدند. فراوانی گروه‌های طولی تفاوت بارزی را بین دو جنس نر و ماده نشان داد، به‌طوری‌که در طول‌های بزرگ، نرها وجود نداشتند. رابطه‌ی نمایی طول کل و وزن کل برای جنس نر $W=0.07L^{2/9.6}$ و برای جنس ماده $W=0.08L^{2/8.46}$ به دست آمد. که نشان‌دهنده رشد آلومتریک منفی آترین ماهی است. بعد از برازش به روش حداقل مربعات رابطه طول-وزن برای جنس ماده $W=0.05L^{3/0.71}$ و برای جنس نر $W=0.06L^{3/0.2}$ محاسبه شد. معادله فون برتالانفی بر اساس توزیع فراوانی طولی به روش الفان و زیر بخش آنالیز سطح پاسخ برای نرها $L_t=13/75(1-EXP(-0.08(t+0/36))$ برای ماده‌ها $L_t=18(1-EXP(-0/33(t+0/63))$ به دست آمد. منحنی‌های رشد نشان داد که در این‌گونه حداکثر رشد طولی و وزنی را تا سن ۳+ رخ می‌دهد. در جمعیت مورد مطالعه برای هر دو جنس ۳ کوهورت جداسازی شد. مرگ‌ومیر طبیعی با استفاده از فرمول تجربی پائولی برای جنس نر $1/640$ و جنس ماده $1/274$ به دست آمد.

واژگان کلیدی: *A. caspia*، رشد، مرگ‌ومیر، خلیج گرگان.

فاطمه حرک عطا^۱

رحمان پاتیمار^{۲*}

هادی ریسی^۳

ضیاء کردجزی^۴

۱، ۲، ۳، ۴. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

*مسئول مکاتبات:

rpatimar@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۲۵

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی

ارشد است.

مقدمه

خلیج گرگان حوضه‌ی نیمه بسته‌ای است که در منتهی‌الیه جنوب خاوری دریای خزر واقع است (۳۶° ۴۸' ۳۴/۳" شمالی - ۵۳° ۲۶' ۲۶/۱" شرقی تا ۵۱° ۳۶' ۳۰/۷" شمالی - ۵۴° ۰۳' ۲۹/۹" شرقی). طول خلیج گرگان ۶۰ کیلومتر و عرض آن ۱۲ کیلومتر و ژرفای بیشینه‌ی آن در تراز ۲۸- متری سطح آب دریای خزر برابر با ۴ متر است. این حوضه توسط بار ماسه‌ای میانکاله از دریای خزر جدا می‌شود، خلیج گرگان با وسعت بیش از ۴۰۰ کیلومترمربع در جنوب شرقی دریای خزر است این بدنه آبی، بزرگ‌ترین خلیج کرانه خزر به شمار می‌آید و بخشی از منطقه حفاظت‌شده پناهگاه حیات‌وحش میانکاله است. این خلیج گرگان از لحاظ دارا بودن ذخایر ارزشمند آبی و تنوع زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است (کیابی و همکاران، ۱۳۷۸).

آترین ماهی دریای خزر (*A. caspia*) در بین سال‌های ۱۹۵۳ تا ۱۹۵۴ توسط اتحاد جماهیر شوروی سابق از دریای سیاه به دریای خزر انتقال یافت (Markevich, 1977) و در تمامی بخش‌های آب‌های ساحلی ایران دریای خزر و مصب رودخانه‌های آن حضور داشته و جمعیت‌های منطقه‌ای را تشکیل داده‌اند. آترین ماهی دریای خزر را قبلاً بانام علمی *Atherina mochon pontica* می‌شناختند (Kiener and Spillman, 1972) اما امروزه این‌گونه را به‌عنوان فنوتیپی از گونه *A. boyeri* (Risso, 1810) می‌شناسند که اخیراً نام علمی این‌گونه به *A. Caspia*

(Eichwald, 1981) تغییر پیدا کرده است (Esmaeili et al., 2014). این گونه در دریای خزر به دلیل عدم صید و مصرف و همچنین پراکنش وسیع، ذخایر این ماهی در وضعیت LC (کمترین نگرانی) قرار دارد (IUCN, 2014).

گونه *A. boyeri* دارای پراکنش وسیعی در آب‌های داخلی آفریقا، آسیا، اروپا، شمال و شرق اقیانوس اطلس، دریای مدیترانه، سیاه در انواع مختلف اکوسیستم‌ها از قبیل آب‌های ساحلی و مصبی، تالاب‌ها، مرداب‌های نمکی و اکوسیستم‌های آب‌شور دارد و در دامنه وسیعی از آب شیرین تا درجات شوری بالا با محیط اطراف سازگاری یافته و اغلب به‌صورت جمعیت‌های مجزا و بومی مشاهده می‌گردد (Andreu-Soler et al., 2003; Leonardos, 2001). Henderson و Bamber (۱۹۸۷) گزارش کرده‌اند که جمعیت‌های آثرین‌ماهی (*A. boyeri*) از لحاظ طول عمر و حداکثر اندازه ارتباط زیادی با کیفیت زیستگاه از قبیل میزان شوری و دما دارد. به‌عنوان نمونه در تالاب‌های مزولانگی و اتولیکن واقع در غرب یونان چهار رده سنی از این گونه ماهی (*A. boyeri*) وجود دارد، درحالی‌که در دریاچه تریچونیس پنج رده سنی از آن را می‌توان یافت (Leonardos, 2001) و در تالاب آبرتا و خلیج آرکاچون تنها ترکیبی از سه رده سنی را می‌توان مشاهده نمود (Creech, 1992). علاوه بر موارد فوق، گزارش‌هایی زیادی در خصوص تنوع ویژگی‌های سن و رشد برای جمعیت‌های منطقه‌ای وجود دارد (Andreu-Soler et al., 2003; Bartulovic et al., 2004; Koutrakis et al., 2004; Ozeren, 2009).

به نظر می‌رسد گونه دریای خزر شباهت‌ها و تفاوت‌های بیولوژیکی متعددی با گونه *A. boyeri* دارد. علیرغم فراوانی نسبتاً بالای این گونه و با توجه به عدم ارزش اقتصادی این گونه، تاکنون مطالعات اندکی روی آن در دریای خزر صورت گرفته است. پاتیمار و همکاران (Patimar et al., 2009) برخی ویژگی‌های زیستی این گونه را در تالاب گمیشان گزارش کرده‌اند. زاهدی و رحیمی بشر (۱۳۹۳) نیز سن و رشد آثرین‌ماهی (*A. caspia*) در دهانه رودخانه سفیدرود بررسی کرده و ویژگی‌های جمعیت مصب سفیدرود را گزارش کردند.

از آنجایی‌که مطالعه پارامترهای رشد و مرگ‌ومیر یکی از زیر واحدهای بوم‌شناسی جمعیت و از مبانی اساسی زیست‌شناسی ماهی است (Biswas, 1993) و از طرف دیگر مطالعه بیولوژی و اکولوژی گونه‌های مختلف ماهیان در یک بوم‌سازگان آبی از ضرورت‌های اولیه حفظ ذخایر آن‌ها بوده و منجر به شناخت و تحلیل بوم‌شناختی زنجیره غذایی بوم‌سازگان می‌گردد (Kazanchev, 1981). در حال حاضر با توجه به این‌که این ماهی در ایران مصرف خوراکی ندارد و از طرفی به خاطر ویژگی پراکنش وسیع آن، بیشتر مورد استفاده ماهیان باارزش قرار می‌گیرد. مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی شناسایی ساختارهای جمعیتی و پارامترهای پویایی‌شناسی این ماهی، محدود می‌باشد. لذا به‌منظور افزایش اطلاعات در این زمینه، تحقیق حاضر با این هدف به بررسی پارامترهای رشد و مرگ‌ومیر گونه آثرین‌ماهی (*A. caspia*) در خلیج گرگان که بخشی از پناهگاه حیات‌وحش میانکاله است، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

با توجه به وسعت بزرگ خلیج گرگان و امکانات دسترسی، منطقه نمونه‌برداری به سواحل شمالی خلیج محدود گردید (شکل ۱). جهت انجام مطالعه‌ی پویایی‌شناسی و رشد از اسفند ۱۳۹۵ تا مهر ۱۳۹۶ (دوره تولیدمثلی و هجوم این گونه به مناطق ساحلی برای تخم‌ریزی) نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه به مدت ۸ ماه و با استفاده از تور پره با چشمه ریز در ساحل شمالی خلیج در محدوده بین دهانه تا کانال خوزینی انجام شد. با توجه به فراوانی زیاد این گونه در منطقه مورد مطالعه، تعداد حدود ۱۰۰ نمونه به‌طور تصادفی از مجموعه صیدشده انتخاب گردید. بنابراین در کل تعداد ۸۰۰ عدد نمونه آثرین ماهی دریای خزر (*A. caspia*) جمع‌آوری و بیومتری شدند. در فرآیند بیومتری، ابتدا طول و وزن کل با استفاده از تخته بیومتری (با دقت ۱ میلی‌متر) و ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) ثبت گردید. سپس ۳-۵ نمونه فلس به همراه استخوان اصلی سرپوش

برانشی (اپرکوم‌ها) برای تعیین سن برداشته شد. در نهایت شکم نمونه‌ها بازگردید تا جنسیت نمونه‌ها تعیین و وزن کل گنادها ثبت گردد. علاوه بر آن، نمونه‌ی گناد ماده نیز برای برآورد هم‌آوری و تعیین قطر تخمک برداشت‌شده و در محلول گلیسون قرار داده شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه‌برداری آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) در خلیج گرگان.

فراوانی گروه‌های طولی به درصد محاسبه و از آزمون مربع کای (χ^2) برای سنجش تفاوت در فراوانی گروه‌های طولی استفاده گردید. رابطه طول و وزن برای هرگونه 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 باقیمانده‌ها برای ضرایب a و b مقادیر بهینه از طریق فرمول زیر به دست آمد (Haddon, 2011):

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

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

SSQ مجموع مربعات باقیمانده‌ها است. یکی از معیارهای مورد استفاده برای برازش، روش حداقل مربعات است. وجه تسمیه این روش این است که به دنبال مقداری از پارامترها است که مربع اختلافات بین داده‌های مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌های مدل و مقادیر پارامترهای خاص را به حداقل برساند (Haddon, 2011).

میزان رشد و مرگومیر با استفاده از طول کل و با دقت سانتیمتر محاسبه شد. برای تعیین طبقات طولی از فرمول استورجس استفاده شد (Sturges, 1926) و نمودار فراوانی طولی رسم گردید.

$$R = (Max - Min) + 1$$

$$K = 1 + 3.3 \log n$$

$$C = R/K$$

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

مقدار L_{∞} و K براساس فراوانی طولی در نرم‌افزار FiSAT II به‌روش الفان ۱ (ELEFAN 1) برآورد شد (Gayanilo and Pauly, 1997). رشد بر اساس برازش تابع رشد فون‌برتالنفی بر اساس داده‌های فراوانی طولی موردبررسی قرار گرفت. معادله رشد فون‌برتالنفی به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Sparre and Venema, 1998):

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

برای محاسبه سن در طول صفر از رابطه تجربی پائولی استفاده گردید (Pauly, 1983).

که در آن L_t طول متوسط در سن t ، L_{∞} طول بی‌نهایت، K ضریب رشد و t_0 زمان فرضی درجایی که طول صفر می‌باشد. مقدار t_0 از طریق معادله (Pauly, 1980) برآورد شد:

$$\log(t_0) = -0.003922/2752 \log L_{\infty} - 0.38 \log K$$

مقدار بیشینه سن ماهی از طریق معادله زیر برآورد شد (Pauly, 1983): $T_{\max} = 3/k$

با استفاده از معادله زیر مدل رشد وزن-سن فون‌برتالنفی نیز برآورد شد (Haddon, 2011):

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

که در آن W_{∞} بیانگر وزن بی‌نهایت و b بیانگر شیب خط حاصل از رابطه طول و وزن است. W_{∞} نیز از فرمول زیر محاسبه شد:

$$W_{\infty} = aL_{\infty}^b$$

برای جدا کردن گروه‌های همزاد از روش باتاچاریا استفاده شد. این روش بر توزیع نرمال فراوانی گروه‌های طولی استوار است که در روش ترسیمی به‌صورت خط مستقیم ترسیم می‌شود. باید توجه داشت برای صحت انجام جداسازی گروه‌های همزاد باید شاخص جداسازی (Separation Index) بزرگ‌تر از دو باشد (Sparre and Venema, 1998).

مقادیر k و L_{∞} بر اساس روش فون‌برتالنفی به دست آمد. معادله رشد فون‌برتالنفی به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Sparre and Venema, 1998):

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

طبق این معادله

$$L(t) \text{ طول ماهی در زمان سن } (t)$$

L_{∞} 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 به‌عنوان آهنگ رشد آبی مطرح می‌شود و نشان‌دهنده آهنگ رسیدن ماهی به طول بی‌نهایت (L_{∞}) است.

برای برآورد مقدار قابل‌اعتماد ضریب رشد k از روش اسکن k استفاده گردید که یک روش ترسیمی برای برآورد تغییرات مقدار k می‌باشد.

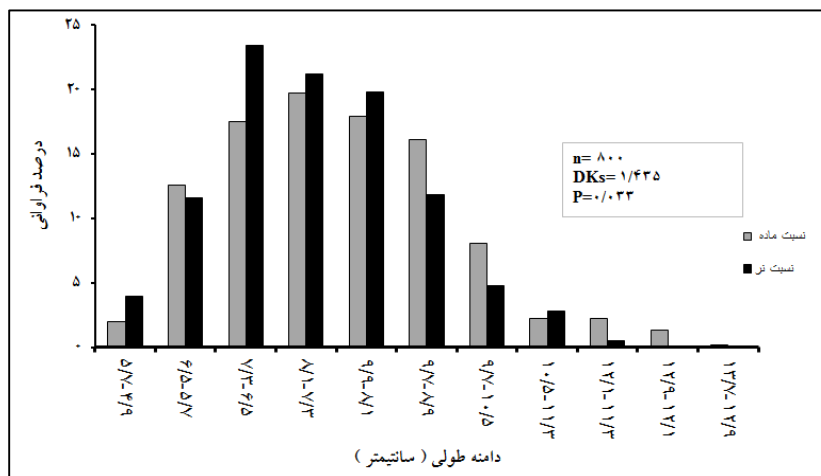
برای برآورد مرگ‌ومیر طبیعی از فرمول تجربی پائولی استفاده شد (Pauly, 1983).

$$\log M = -0.00066/279 L_{\infty} + 0.6843 \log K + 0.4634 \log T$$

تمام آنالیزها در نرم‌افزارهای Excel و FISAT II انجام گردید.

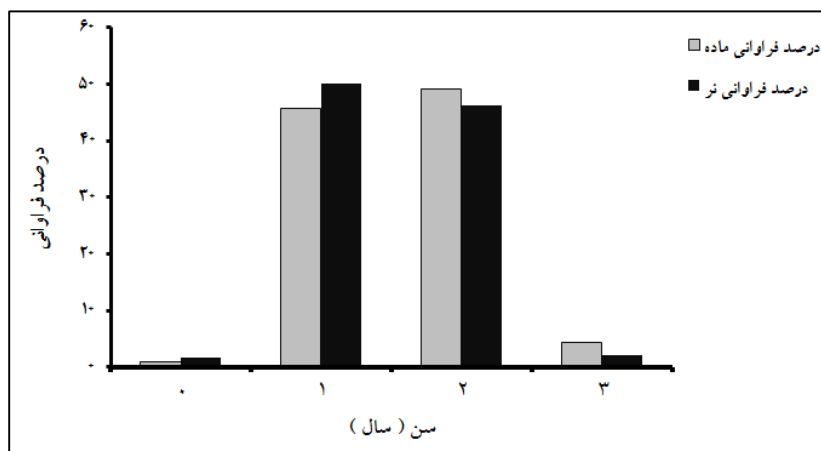
نتایج

نتایج توزیع فراوانی طولی جمعیت‌های نر و ماده آترین ماهی در منطقه خلیج گرگان نشان داد که بیشترین فراوانی جنس نر و ماده در دامنه‌های طولی ۶/۵-۷/۳، ۷/۳-۸/۱ و ۸/۱-۸/۹ سانتی‌متر مشاهده گردید و کمترین فراوانی در جنس نر در دامنه طولی ۱۱/۳-۱۲/۱ سانتی‌متر و برای جنس ماده در دامنه طولی ۱۲/۹-۱۳/۷ به دست آمد. جنس نر در دامنه‌های طولی بزرگ‌تر (۱۲/۱-۱۲/۹ و ۱۲/۹-۱۳/۷) مشاهده نگردید (شکل ۲). نتایج نشان داد که هم در حداکثر طول و هم در فراوانی گروه‌های طولی بین نر و ماده تفاوت وجود دارد ($P < 0.05$).



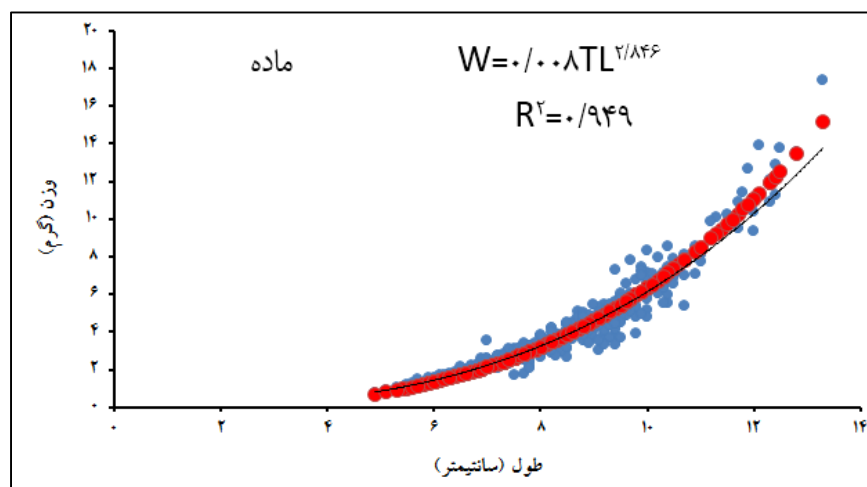
شکل ۲: مقایسه توزیع فراوانی طولی برای گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) به تفکیک جنسیت در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

تعیین سن از روی سرپوش آبششی ۴ گروه سنی (3^{+} - 0^{+}) را برای جمعیت این گونه نشان داد که ۴ گروه سنی برای نرها و ۴ گروه سنی برای ماده‌ها بود. فراوانی گروه‌های سنی 1^{+} ساله و 2^{+} ساله در هر دو جنس نر و ماده بیشتر بود (شکل ۳).

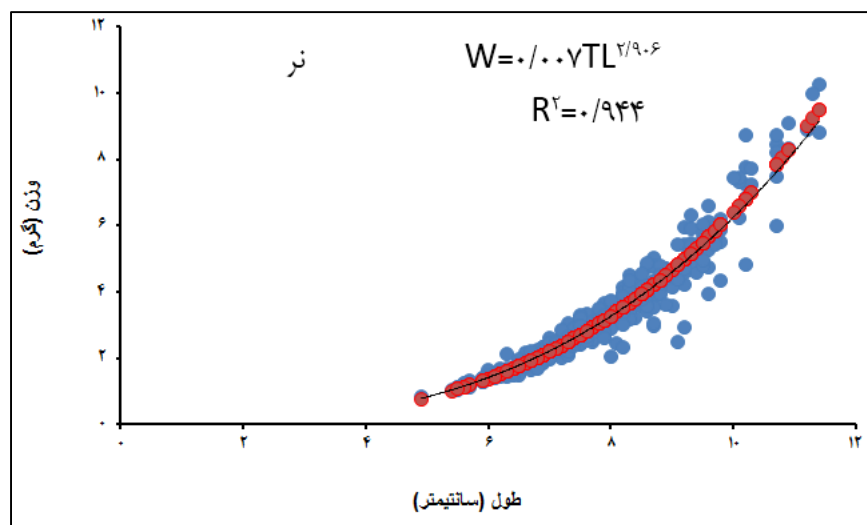


شکل ۳: نمودار درصد فراوانی سنی گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

رابطه نمایی طول کل-وزن نشان‌دهنده رشد نمایی وزن همراه با افزایش طول است. رابطه طول و وزن برای جنس نر $W = 0.007TL^{2/9.06}$ به دست آمد. و برای جنس ماده $W = 0.008TL^{2/8.46}$ به دست آمد. بنابراین الگوی رشد مشاهداتی در هر دو جنس از نوع آلومتریک منفی است. بعد از برازش به روش حداقل مربعات رابطه طول-وزن برای جنس ماده $W = 0.005TL^{3/0.71}$ و برای جنس نر $W = 0.006TL^{3/0.2}$ بود (اشکال ۴ و ۵).

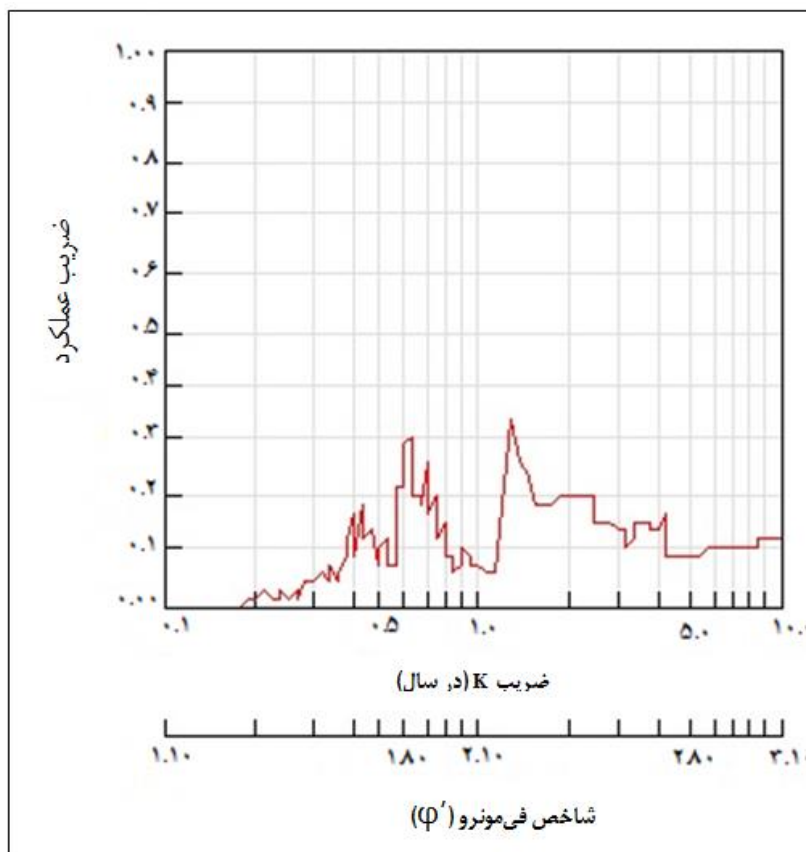


شکل ۴: رابطه طول کل-وزن جنس ماده گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

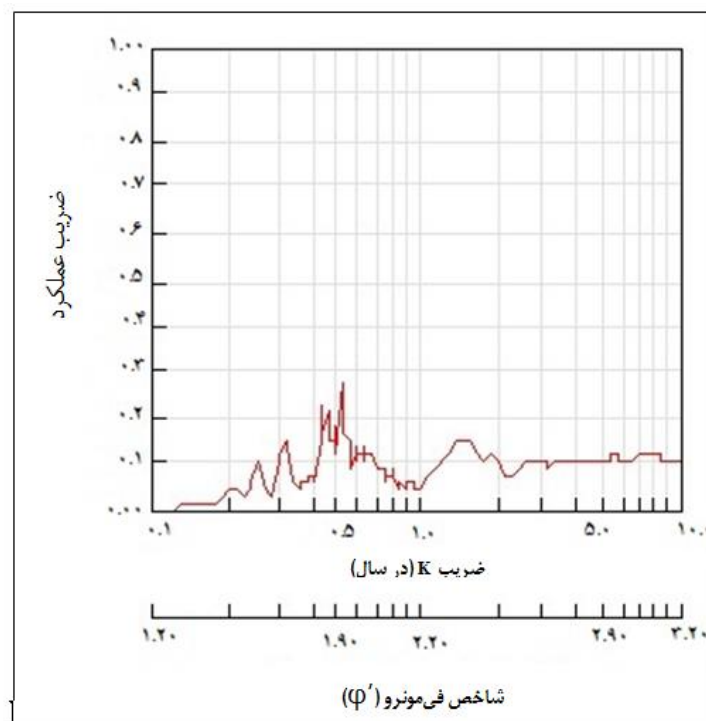


شکل ۵: رابطه طول کل-وزن جنس نر گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

از زیر برنامه پشتیبانی Assess به روش الفان و از زیر بخش K Scan مقادیر K و L_{∞} با سطح اطمینان ۹۵ درصد به ترتیب برای جنس نر برابر با ۰/۰۸۰ در سال و ۱۳/۷۵ سانتیمتر و برای جنس ماده ۰/۳۳ در سال و ۱۸ سانتی‌متر محاسبه شد. با لحاظ نمودن مقادیر فوق t_0 برای جنس نر ۰/۳۶- سال و برای جنس ماده ۰/۶۳- سال به دست آمد (شکل‌های ۶ و ۷).

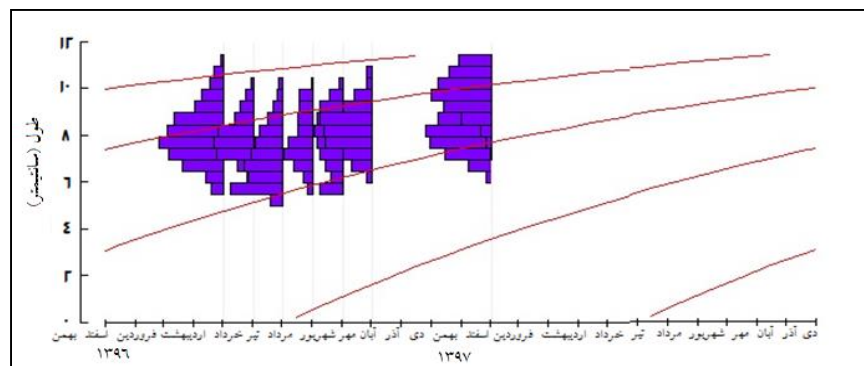


شکل ۶: منحنی انتخاب مناسب‌ترین ضریب رشد گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) برای جنس نر با روش k اسکن در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

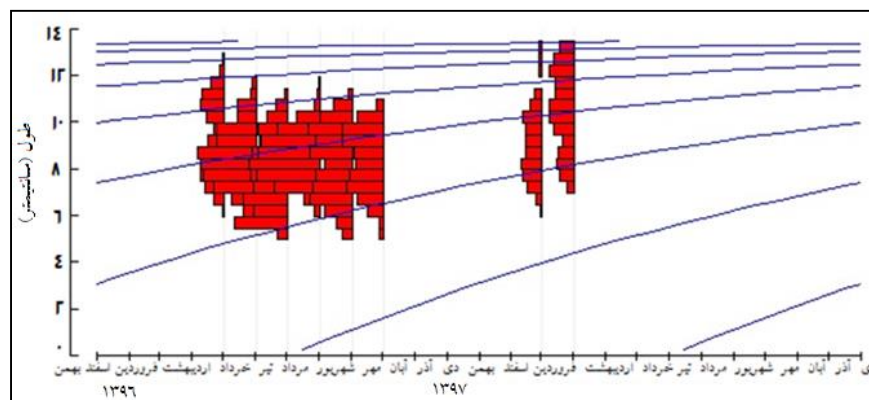


شکل ۷: منحنی انتخاب مناسب‌ترین ضریب رشد گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) برای جنس ماده با روش k اسکن در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

با در نظر گرفتن فراوانی‌های طولی مشاهده‌شده و پارامترهای رشد محاسبه‌شده، منحنی رشد گروه‌های همزاد طولی در ماه‌های مختلف برای جنس‌های نر و ماده رسم شد. منحنی رشد VBGF یا همان منحنی رشد نشان داد که بیش‌ترین فراوانی جنس نر در ماه‌های اردیبهشت تا خرداد در طبقه طولی ۶-۸ سانتیمتر و برای جنس ماده در ماه‌های اردیبهشت تا تیر در طبقه طولی ۸-۱۰ سانتیمتر بود. هم‌چنین اینکه این منحنی‌ها دارای خطوطی غیر از خطوط موازی می‌باشند که هر کدام از خطوط مجانب نشان‌دهنده یک کوهورت است (اشکال ۸ و ۹).

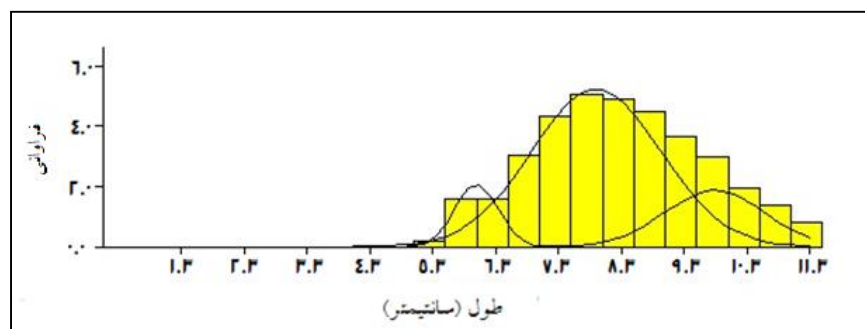


شکل ۸: منحنی رشد گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) برای جنس نر در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

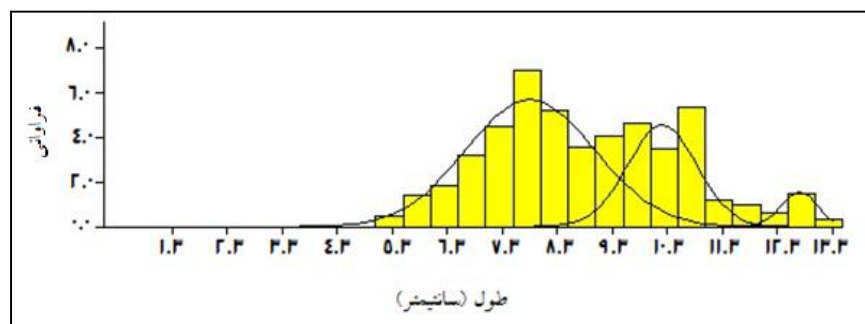


شکل ۹: منحنی رشد گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atheriba caspia*) برای جنس ماده در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

با به‌کارگیری روش پاتاچاریا و ترسیم منحنی گروه‌های همزاد تفکیک‌شده در طی تحقیق، دو گروه همزاد برای جنس نر و ماده شناسایی شد (اشکال ۱۰ و ۱۱).



شکل ۱۰: نمودار توزیع فراوانی طولی گروه‌های همزاد جداسازی شده گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) برای جنس نر در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).



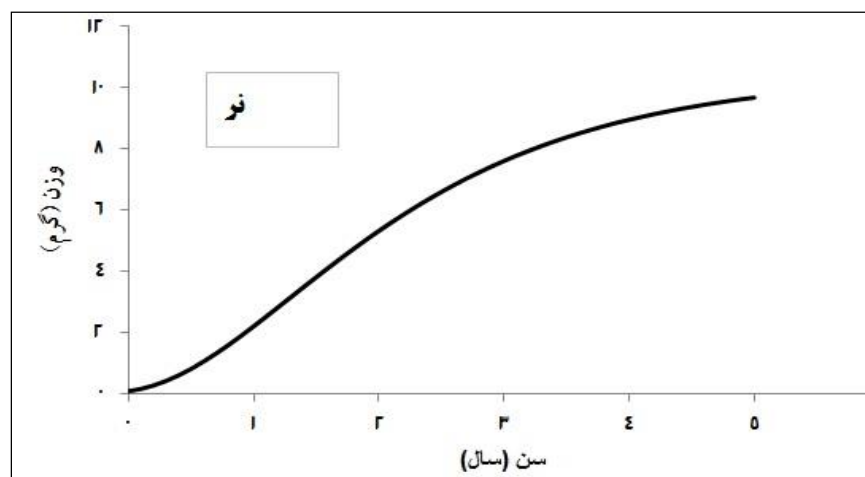
شکل ۱۱: نمودار توزیع فراوانی طولی گروه‌های همزاد جداسازی شده گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) برای جنس ماده در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

میانگین و انحراف معیار هر کدام از کوهورت‌های جدا شده برای دو جنس نر و ماده به دست آمد (جدول ۱).

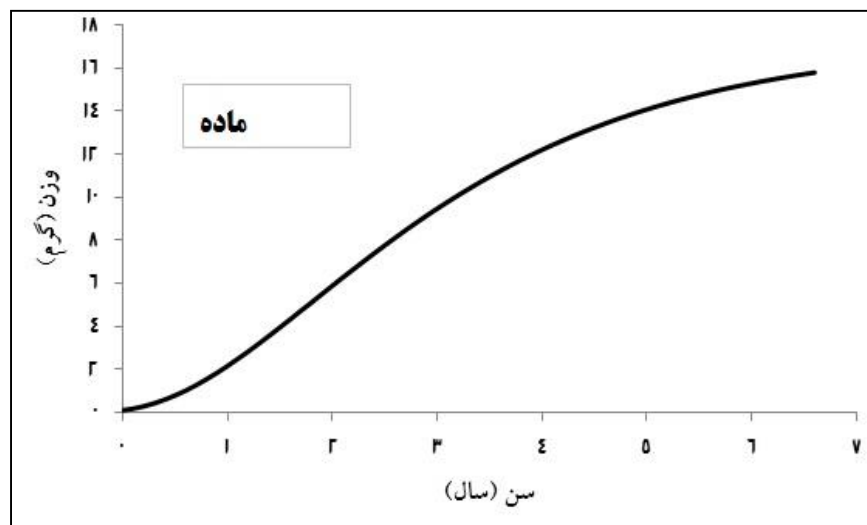
جدول ۱: میانگین و انحراف معیار کوهورت‌های جدا شده جنس نر و ماده گونه آترین ماهی دریای خزر
(*Atherina caspia*) در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

گروه	میانگین کوهورت	انحراف معیار	جنس
۱	۵/۹۴	۰/۳۴۰	نر
۲	۷/۸۵	۱/۰۳۰	نر
۳	۹/۷۳	۰/۷۹۰	نر
۱	۷/۷۶	۱/۱۷۰	ماده
۲	۱۰/۱۶	۰/۶۳۰	ماده
۳	۱۲/۶۵	۰/۳۲۰	ماده

مدل وزن-سن برای جمعیت خلیج گرگان گونه آترین ماهی دریای خزر بر اساس پارامترهای محاسباتی مبتنی بر توزیع فراوانی طولی، برآورد شده است. میزان وزن بی‌نهایت برای جنس نر و ماده به ترتیب: ۱۰ گرم و ۱۶ گرم به دست آمد. مدل وزن-سن برای جمعیت خلیج گرگان این گونه نشان داد که تقریباً از سن ۴ سالگی به بعد برای هر دو جنس نر و ماده، تغییرات وزن در ارتباط با افزایش سن به میزان بسیار زیادی کاهش یافته و شیب نمودار به صورت بطنی‌تر درمی‌آید تا به یک مجانب برسد (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

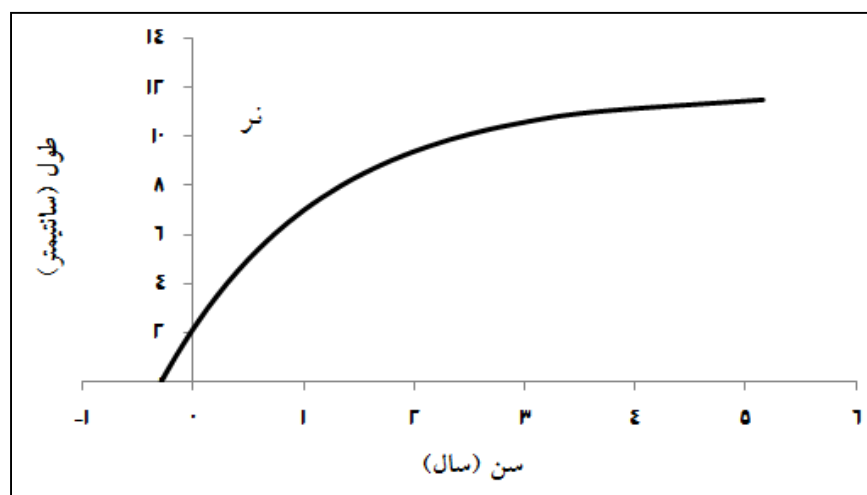


شکل ۱۲: نمودار رابطه وزن-سن گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) جنس نر در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

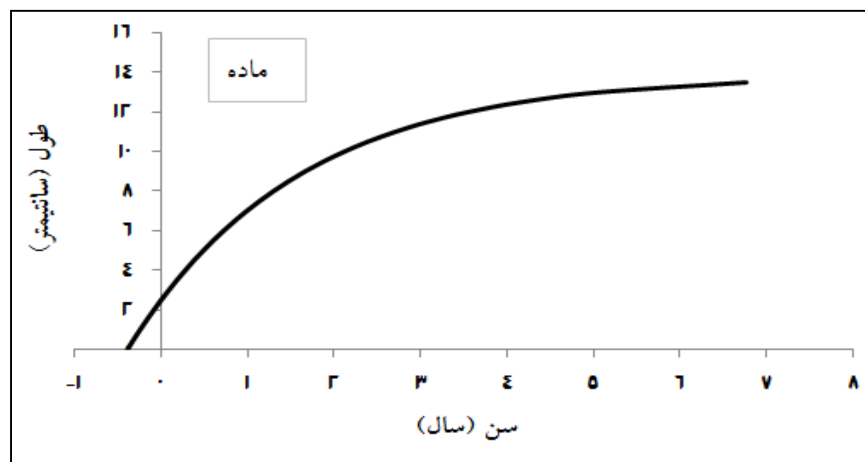


شکل ۱۳: نمودار رابطه وزن- سن گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) جنس ماده در خلیج گرگان- جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

با استفاده از پارامترهای محاسبه‌شده بر اساس توزیع فراوانی طولی، مدل طول- سن نشان داد که هر دو جنس نر و ماده تا سنین 3^+ سال سرعت رشد بالایی دارند اما از سن 3^+ سال به بعد سرعت رشد کاهش و از سن 3^+ سال به بعد تقریباً منحنی به یک خط مجانب می‌رسد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۴: نمودار رابطه طول- سن گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) جنس نر در خلیج گرگان- جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).



شکل ۱۵: نمودار رابطه طول-سن گونه آترین ماهی دریای خزر (*Atherina caspia*) جنس ماده در خلیج گرگان-جنوب شرق دریای خزر (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

نرخ مرگ‌ومیر طبیعی برای جمعیت مورد مطالعه‌ی آترین ماهی طبق رابطه تجربی پائولی با در نظر گرفتن میانگین دمای متوسط آب منطقه نمونه‌برداری به میزان ۲۲ درجه سانتی‌گراد، برای جنس ماده ۱/۲۷۴ در سال و برای جنس نر ۱/۶۴۰ در سال برآورد شد. نرخ مرگ‌ومیر طبیعی نرها نسبت به ماده‌ها بالاتر بود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق در سطح جمعیت بوده و به‌عنوان ویژگی‌های منطقه‌ای جمعیت خلیج گرگان این گونه در دریای خزر تفسیر می‌گردد. برای به دست آوردن ضرایب طول و وزن در این مطالعه از روش برازش حداقل مربعات استفاده شد. به‌طور عمده داده‌های شیلاتی هیچ‌گاه به‌طور کامل با مدل برازش نمی‌شوند، حتی اگر آن مدل به‌درستی کار کند (Haddon, 2011). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که الگوی رشد برای هر دو جنس نر و ماده از نوع آلومتریک منفی بود. دو گزارش موجود بر روی الگوی رشد این گونه در دریای خزر نشان می‌دهد که ضرایب آلومتری بین جمعیت‌های دارای تفاوت‌های بارزی است. الگوی رشد جمعیت منطقه دهانه ورودی رودخانه سفید از نوع آلومتریک منفی (زاهدی و رحیمی بشر، ۱۳۹۳) و در تالاب گمیشان از نوع آلومتریک مثبت (Patimar et al., 2009) بود. مقایسه نتایج ارائه‌شده این تحقیق با گزارش‌های موجود نشان می‌دهد که مقدار ضریب آلومتری (b) از ۲/۶۹ در جنس نر تا ۳/۰۶ در جنس ماده متغیر است. بنابراین رشد وزنی سه‌بعدی بین جمعیت‌ها دارای الگوهای متفاوتی است. برای گونه *A. boyeri* در حوضه اروپا، مقدار ضریب رشد (b) در اغلب مطالعات بزرگ‌تر از ۳ گزارش شده است که نشان‌دهنده الگوی رشد جمعیت‌های گونه *A. boyeri* بیشتر از نوع آلومتریک مثبت است (Creech, 1992; Koutrakis et al., 2004; Bartulović et al., 2004; Sezen, 2005; Ozeren, 2009; Gencoğlu and Ekmekci, 2016). به‌طور کلی تغییرات در الگوی رشد آترین ماهی می‌تواند پاسخی به تنوع زیستگاه‌ها تعبیر گردد. تنوع در مقدار b همچنین به مراحل مختلف رشد و نمو ارتباط داشته و به همان میزان اختلافات سنی، بلوغ، جنسی و گونه نیز در تغییرات آن مؤثر است. همچنین موقعیت جغرافیایی منطقه، شرایط محیطی، فصل صید نمونه‌ها، پر و خالی بودن معده، بیماری‌ها، آلودگی‌های انگلی نیز باعث تغییرات b می‌گردد (Bagenal and Tesch, 1978; Turkmen et al., 2001).

از آنجایی که الگوی رشد (رابطه طول-وزن) از رشد طولی و وزنی تبعیت می‌کند لذا مشهود است که رشد طولی و وزنی این گونه تنوع وسیعی بین جمعیت‌ها دارد. تنوع در میزان شیب خط رگرسیونی طول- وزن بین جمعیت‌های مختلف یک گونه به‌عنوان تنوع درون جمعیتی تفسیر می‌گردد (Przybylski, 1996).

جدول ۲: الگوهای رشد مختلف گونه‌های جنس *Atherina* در مناطق مختلف.

منطقه مطالعه	گونه	جنسیت	b	منبع
Aberthaw Lagoon, Wales	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۳/۲۷	Creech, 1992
Vistonis Estuarine System, Greece	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۳/۲۲	Koutrakis et al., 2004
Mala Neretva River, Croatia	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۳/۲۴	Bartulović et al., 2004
Homa Lagoon, Turkey	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۳/۰۸	Sezen, 2005
Iznik Lake, Turkey	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۳/۲۱	Ozeren, 2009
Gomishan wetland – Iran	<i>A. boyeri</i>	ماده	۳/۰۶	Patimar et al., 2009
		نر	۳/۰۲	
Hirfanlı Reservoir, Turkey	<i>A. boyeri</i>	ماده	۳/۲۹	Gencoğlu and Ekmekci, 2016
		نر	۳/۲۳	
سواحل جنوبی دریای خزر (دهانه رودخانه سفیدرود)	<i>A. caspia</i>	ماده	۲/۸۲	زاهدی و رحیمی بشر، ۱۳۹۳
		نر	۲/۶۹	
		جمعیت	۲/۷۶	

طول بی‌نهایت برآورد شده با استفاده از روش الفان در جنس ماده بزرگ‌تر از ماهیان نر بود. در جمعیت این گونه در دهانه سفیدرود نیز نتایج مشابه دیده می‌شود. (زاهدی و رحیمی بشر، ۱۳۹۳). در اکثر گونه‌های ماهیان، بزرگ‌تر بودن طول بی‌نهایت ماده‌ها به دلیل عمر طولانی‌تر ماده‌ها نسبت به نرها است (Turkmen et al., 2001). در جمعیت‌های اروپایی گونه *A. boyeri* مقادیر طول بی‌نهایت بزرگ‌تری نسبت به حوضه گونه خزری دیده می‌شود (Leonardos and Sinis, 2000; Koutrakis et al., 2004; Sezen, 2005; Pombo et al., 2005; Gaygusuz, 2006; Ozeren, 2009; Gencoğlu and Ekmekci, 2016). تنوع در طول بی‌نهایت در جمعیت‌های یک گونه را از یک طرف می‌توان به تفاوت‌های اندازه بزرگ‌ترین نمونه‌های درون هر یک از جمعیت‌ها و از طرف دیگر به تنوع پارامترهای جمعیتی یک گونه نسبت داد که در شرایط مختلف محیطی به وجود می‌آید (Turkmen et al., 2001). طول بی‌نهایت به‌وسیله فاکتورهای محیطی به‌خصوص فراوانی غذا و تراکم جمعیتی کنترل می‌شود علاوه بر آن تغییر در مقدار ضریب رشد نیز باعث تنوع در مقدار طول بی‌نهایت می‌گردد (Burrough and Kennedy, 1979). علاوه بر آن، برآورد طول بین‌هایت تحت تأثیر نمونه‌برداری صحیح از جمعیت می‌باشد. در صورتی که نمونه‌های بزرگ در نمونه‌برداری صید نگردد برآورد طول بین‌هایت دارای اریب خواهد بود (Schwamborn et al., 2019). مقایسه بزرگ‌ترین نمونه‌ی صید در این بررسی با گزارش Patimar و همکاران (۲۰۰۹) نشان می‌دهد که این مشکل در نمونه‌های تحقیق حاضر وجود ندارد. پس می‌توان استنتاج کرد که گونه خزر دارای تفاوت‌های بارزی در پارامترهای رشد نسبت به گونه *A. boyeri* دارد. Du Pontavice و همکاران (۲۰۱۹) اثبات کرده‌اند که تفاوت در طول بین‌هایت گروه‌های آبری به‌عنوان جدایی جمعیت می‌تواند تلقی گردد. با توجه به تفاوت پارامترهای معادله رشد فان برتالانی گونه خزری در منطقه مورد مطالعه با گونه *A. boyeri* مناطق دیگر، تفاوت بین گونه‌ای به‌وضوح دیده می‌شود.

وجود تنها سه کوهورت در جمعیت مورد مطالعه و رشد طولی و وزنی بالا تا در سه سال اول زندگی بیانگر این است که این گونه جزو ماهیان کوتاه عمر دریای خزر به حساب می‌آید. Frater و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که در صورتی که تعداد کوهورت‌ها در جمعیت زیاد باشد و همپوشانی بالایی بین

کوهورت‌ها در توزیع فراوانی طولی دیده شود، برآوردها دارای اریب بالایی خواهد بود. از آنجایی که در جمعیت مورد مطالعه تنها سه کوهورت مشاهده گردید، بنابراین احتمالاً خطای بارزی در برآوردها وجود ندارد. علاوه بر این اگر دیگر ویژگی‌های رشد جمعیت منطقه حفاظت‌شده میانکاله شامل طول بینهایت و ضریب مرگ‌ومیر نیز در نظر گرفته شود می‌توان نشان داد که این گونه تفاوت بارزی با گونه *A. boyeri* داشته و جدایی بیولوژیکی دو گونه *A. caspia* و *A. boyeri* را اثبات می‌کند. بنابراین جدایی این گونه (Esmaeili et al., 2014) از گونه *A. boyeri* را تا حدودی تقویت می‌کند. به هر حال تفاوت‌های بین جمعیتی (inter-population) در بوم‌شناسی کاربردی زیستگاه‌های مختلف قابل اثبات می‌باشد که این مورد بایستی در مدیریت گونه و اکوسیستم لحاظ گردد.

جدول ۳: مقایسه پارامترهای رشد طول بی‌نهایت و ضریب رشد برای دو گونه *Atherina caspia* و *Atherina boyeri* در مناطق مختلف.

منطقه مطالعه	گونه	جنسیت	L_{∞}	K (year ⁻¹)	t_0 (year)	منبع
Mesolongi and Etolikon Lagoon, Greece	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۱۱۵/۷۹(mm)	۰/۲۴	-۱/۲۷	Leonardos and Sinis, 2000
Trichonis Lake, Greece	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۱۱۲/۴۰(mm)	۰/۴۲	-۰/۴۰	Leonardos, 2001
Vistonis Estuarine System, Greece	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۱۱۶/۹۷(mm)	۰/۳۵	-۰/۹۹	Koutrakis et al., 2004
Homa Lagoon, Turkey	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۱۳۴/۵۰(mm)	۰/۲۳	-۱/۸۹	Sezen, 2005
Aveiro River, Portugal	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۱۱۶/۰۰(mm)	۰/۰۹۹	-۳/۸۰	Pombo et al., 2005
İznik Lake, Turkey	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۱۲۸/۸۳(mm)	۰/۳۱	-۰/۸۹	Gaygusuz, 2006
İznik Lake, Turkey	<i>A. boyeri</i>	جمعیت	۱۴۱/۱۱(mm)	۰/۲۷	-۰/۴۹	Ozeren, 2009
Hirfanlı Reservoir, Turkey	<i>A. boyeri</i>	ماده	۱۵۶/۷۸(mm)	۰/۱۹۷	-۰/۱۹۷	Gencoğlu and Ekmekci, 2016
		نر	۱۵۱/۰۲(mm)	۰/۱۴۸	-۰/۱۴۸	
سواحل جنوبی دریای خزر (دهانه رودخانه سفیدرود)	<i>A. caspia</i>	ماده	۱۱۳/۵۶(mm)	۱/۳۶	-	زاهدی و رحیمی بشر، ۱۳۹۳
		نر	۹۳/۳۹(mm)	۰/۷۷	-	

به‌طور کلی هر چند این گونه ارزش اقتصادی بهره‌برداری را ندارد، اما قطعاً از نظر اکولوژیکی اهمیت بالایی دارد. بخصوص منطقه مورد بررسی در این تحقیق پناهگاه حیات وحش میانکاله است. بنابراین یافته این تحقیق از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. در این مطالعه اطلاعات پایه پویایی جمعیت این گونه به دست آمد که برای تدوین مقررات مربوط به مدیریت پایدار گونه و اکوسیستم مفید خواهد بود.

منابع

- زاهدی، س. م. و رحیمی بشر، م. ر.، ۱۳۹۳. سن و رشد آترین ماهی (*Atherina caspia* (Eichwald, 1838) در سواحل جنوبی دریای خزر (دهانه رودخانه سفیدرود). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، دوره دوم، شماره چهارم، صفحات ۸۲-۷۱.
- کیابی، ب.، عبدلی، ا. و قائمی، ر. ع.، ۱۳۷۸. اکوسیستم‌های تالابی و رودخانه‌ای استان گلستان. انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۸۲ ص.
- Andreu-Soler, A., Oliva-Paterna, F. J., Fernandez-Delgado, C. and Torralva, M., 2003. Age and growth of the sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), in the Mar Menor coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). Journal of Applied Ichthyology, 19: 202-208.
- Bartulovic, V., Glamuzina, B., Conides, A., Dulcic, D., Njire, D. and Kozul, 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: 427-430.
- Bagenal, T. and Tesch, F., 1978. Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. IBP Handbook 3, Blackwell, Oxford, 313 p.

- Biswas, S. P., 1993.** Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers Pvt.Ltd, 157 p.
- Burrough, R. J. and Kannedy, C. R., 1979.** The occurrence and natural alleviation of stunting in a population of roach, *Rutilus rutilus* (L.). Journal of Fish Biology, 15: 93-109.
- Creech, S., 1992.** A study of the population of *Atherina boyeri* (Risso, 1810) in Aberthaw lagoon, on the Bristol Channel, in south Wales. Journal of Fish Biology, 41: 286–277.
- Du Pontavicea H., Randona, M., Lehutac S., Vermardc Y., and Savina-Rolland M., 2019.** Investigating spatial heterogeneity of von Bertalanffy growth parameters to inform the stock structuration of common sole, *Solea solea*, in the Eastern English Channel. Fisheries Research, 207: 28-36.
- Esmaeili, H. R., Coad, B. W., Mehraban, H. R., Masoudi, M., Khaefi, R., Abbasi, K., Mostafavi, H. and Vatandous S., 2014.** An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. Iranian Journal of Ichthyology, 1(3): 152–184
- Frater, P. N., and Stefansson G. 2019.** Aspects of both growth and selectivity affect growth parameter estimation bias. Fisheries Research, 212: 154-161.
- Froese, R., 2006.** Cube law, condition factor and Length-Weight relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, 22: 241-253.
- Gayanilo, F. C. and Pauly, D., 1997.** Computed information series fisheries, FAO-ICLARM stock assessment tools Reference manual. Rome, Italy, 262 p.
- Gaygusuz, Ö., 2006.** İznik Gölünde yaşayan Gümüş Balığı (*Atherina boyeri* Risso, 1810)'nın üreme ve büyüme biyolojisi, MSc thesis, İstanbul: İstanbul University, Turkey, 45 pp. (in Turkish).
- Gencoğlu, L. and Ekmekçi G., 2016.** Growth and reproduction of a marine fish, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in a freshwater ecosystem. Turkish Journal of Zoology, 40: 534-542.
- Haddon, M., 2011.** Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. Second Edition, Taylor and Francis press, 449 p.
- Henderson, P. A. and Bamber, R. N., 1987.** On the reproductive biology of the sand smelt *Atherina boyeri* (Risso, 1810) (Pisces: Atherinidae) and its evolutionary potential. Biological Journal of the Linnean Society, 32: 395–415.
- IUCN., 2014.** [http:// www.iucnredlist.org/details/biblio/2352/0](http://www.iucnredlist.org/details/biblio/2352/0). Updated 9 February 2019. [Cited 9 February 2019]. Available from: www.iucnredlist.org.
- Kazancheev, E. N., 1981.** Ryby Kaspiiskogo Morya (Fishes of the Caspian Sea). Legkayai pischevaya promyshlennost, Moskva, 167 p. (In Russian).
- Kiener, A. and Spillman, C. J., 1972.** Note complementaireal'etudesystematique et ecologiqued' *Atherina boyeri* (Risso, 1810) (Pisces: Atherinidae) dansa zone de dispersion actuelle. Bulletin du National d'Histoire Naturelle Zoology, 41(55): 563–580.
- Koutrakis, E. T., Kamidis, N. I. and Leonardos, I. D., 2004.** Age, growth and mortality of a semi-isolated lagoon population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810) (Pisces: Atherinidae) in an estuarine system of northern Greece. Journal of Applied Ichthyology, 20: 382–388.
- Leonardos, I. D., 2001.** Ecology and exploitation pattern of a landlocked population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), in Trichonis Lake (western Greece). Journal of Applied Ichthyology, 17: 262–266.
- Leonardos, I. and Sinis, A., 2000.** Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* (Risso, 1810) (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). Fisheries Research, 45: 81–91.
- Markevich, N. B., 1977.** Some morphological indices of the silverside *Atherina movhonpontica*, in the Aral Sea in connection with age structure of its population. Journal of Ichthyologic, 17: 618–626.
- Ozeren, S. C., 2009.** Age, growth and reproductive biology of the sand smelt *Atherina boyeri*, (Risso 1810) (Pisces: Atherinidae) in Lake Iznik, Turkey. Journal of Fisheries International, 4: 34-39.
- Patimar, R., Yousefi, M. and Hossieni, S. M., 2009.** Age, growth and reproduction of the sand smelt *Atherina boyeri* (Risso, 1810), in the Gomishan wetland southeast Caspian Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 81: 457–462.
- Pauly, D., 1980.** On the interrelationship between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 39(3): 175-192.

- Pauly, D., 1983.** Some Simple Methods for the Assessment of Tropical Fish Stocks. FAO Fisheries Technical Publications, Rome, 52 p.
- Pombo, L., Elliott, M. and Rebelo, J. E., 2005.** Ecology, age and growth of *Atherina boyeri* and *Atherina presbyter* in the Ria de Aveiro, Portugal. *Cybium*, 29: 47-55.
- Przybylski M., 1996.** Variation in fish growth characteristics along a river course. *Hydrobiologia*, 325: 39-46.
- Schwamborn R., Mildenergerb, T. K., and Taylor M. H. 2019.** Assessing sources of uncertainty in length-based estimates of body growth in populations of fishes and macroinvertebrates with bootstrapped ELEFAN. *Ecological Modelling*, 393: 37-51.
- Sezen, B., 2005.** İzmir Homa Lagunugumuşbalığı *Atherina boyeri* (Risso, 1810) populasyonunun biyoloji özelliklerinin celenmesi. MSc, Ege University, İzmir, Turkey (in Turkish).
- Sparre, P. and Venema, S. C., 1998.** Introduction to tropical fish stock assessment. part 1. Manual FAO Fish, Tech. Pap. 306. FAO, Rome, Italy. 407 p.
- Sturges, H. A., 1926.** The Choice of a Class Interval. *Journal of the American Statistical Association*, 21: 65-66.
- Turkmen, M., Erdogan, O., Yeldirim, A. and Akyurt, I., 2001.** Reproduction tactics, age and growth of *Capoeta capoeta umbla* Heckle 1843, from the Akkale region of the Karasu River, Turkey. *Fisheries Research*, 1220: 1-12.