

Modeling growth and mortality of golden grey Mullet *Chelon auratus* (Risso, 1810) in coastal waters of Golestan province

Eisa Hajirad Koochak¹, Rahman Patimar^{*2}, Hadi Raeisi³, Hasan Fazli⁴,
Mohammad Gholizadeh⁵, Hiroki Matsuda⁶

1. Ph.D. Student in Aquaculture Production and Exploitation, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbadkavos University, Gonbadkavos, Iran. E-mail: eisahajirad@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbadkavos University, Gonbadkavos, Iran. E-mail: rpatimar@yahoo.com
3. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbadkavos University, Gonbadkavos, Iran. E-mail: raeisi_hadi@yahoo.com
4. Associate Prof., Education and Research Organization of the Ministry of Agricultural Jihad, National Fisheries Science Research Institute, Caspian Sea Aquatic Ecology Research Institute, Sari, Iran. E-mail: hn_fazli@yahoo.com
5. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbadkavos University, Gonbadkavos, Iran. E-mail: gholizade_mohammad@yahoo.com
6. Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Saga University, Saga, Japan

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 03.19.2023

Revised: 04.02.2023

Accepted: 04.15.2023

Keywords:

Golden grey Mullet,

Golestan coasts,

Multi-model growth approach

ABSTRACT

This study was the first study on the modeling and implementation of three models in estimating growth and mortality parameters of golden mullet in the coastal waters of Golestan province. During the sampling period, 2968 pieces of fish from the permitted fishing period were used in commercial fishing with 27-33 mesh size nets, and 20 and 30 mesh size nets were used outside of the fishing season. Biometry of fish was done including fork length with an accuracy of 1 mm, total weight with an accuracy of 1 gram. The length range for golden mullet was 15 to 59.5 cm and the weight range was 52.5 to 1401 grams. The age range of golden mullet fish was between 2-18 years. The exponential relationship of fork length and total weight ($W=0.69L^{0.023}$) was obtained. Based on the multi-model approach, the best model to show the growth of this fish was the Gumpertz growth model ($\Delta_{AIC} = 1.71$, $AIC = 46.13$), and the logistic model was the best model to depict the growth of this fish according to the AIC information coefficient ($\Delta_{AIC} = 1.27$, $AIC = 50.71$). The results of this study can be used as basic information for catching and exploiting this species in the future.

Cite this article: Hajirad Koochak, Eisa, Patimar, Rahman, Raeisi, Hadi, Fazli, Hasan, Gholizadeh, Mohammad. 2024. Modeling growth and mortality of golden grey Mullet *Chelon auratus* (Risso, 1810) in coastal waters of Golestan province. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (1), 77-90.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/japu.2023.21208.1764

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

مدل‌سازی رشد و مرگ و میر ماهی کفال طلائی

Chelon auratus (Risso, 1810) در آب‌های سواحل استان گلستان

عیسی حاجی‌رادکوچک^۱، رحمان پاتیمار^{۲*}، هادی ریسی^۳، حسن فضل^۴، محمد قلی‌زاده^۵، هیروکی ماتسودا^۶

۱. دانشجوی دکتری گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: eisahajirad@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: rpatimar@yahoo.com
۳. استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: raeisi_hadi@yahoo.com
۴. دانشیار، سازمان آموزش و تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده اکولوژی آبزیان دریای خزر، ساری، ایران. رایانامه: hn_fazli@yahoo.com
۵. استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: gholizade_mohammad@yahoo.com
۶. استاد، گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ساگا، ساگا، ژاپن

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	این مطالعه اولین بررسی روی مدل‌سازی و پیاده کردن سه مدل در برآورد پارامترهای رشد و مرگ و میر ماهی کفال طلائی در محدوده آب‌های سواحل استان گلستان بود. در طول دوره نمونه‌برداری تعداد ۲۹۶۸ قطعه ماهی از دوره صید مجاز از تور پره ماهیان استخوانی در صید تجاری با اندازه چشمه ۲۷-۳۳ و در خارج از فصل صید از تور با چشمه ۲۰ و ۳۰ استفاده شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۸	زیست‌سنجی ماهیان شامل طول چنگالی با دقت یک میلی‌متر، وزن کل با دقت ۱ گرم صورت گرفت. دامنه طولی برای ماهی کفال طلائی ۱۵ تا ۵۹/۵ سانتی‌متر و دامنه وزنی ۵۲/۵ تا ۱۴۰۱ گرم بود. دامنه سنی ماهی کفال طلائی بین ۲-۱۸ سال به‌دست آمد. رابطه‌نمایی طول چنگالی و وزن کل ($W=0.023L^{2.69}$) به‌دست آمد. براساس رویکرد چندمدلی بهترین مدل برای نمایش نحوه رشد در این ماهی، مدل رشد گامپرتز ($AIC=6713$, $\Delta AIC=1/71$) بود، مدل لجستیک نیز برای ترسیم رشد این ماهی با توجه به ضریب اطلاعاتی AIC بهترین مدل به‌دست آمد ($AIC=50/71$, $\Delta AIC=1/27$). نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان اطلاعات پایه‌ای برای صید و بهره‌برداری این گونه در آینده استفاده شود.
واژه‌های کلیدی: رویکرد چندمدلی رشد، سواحل استان گلستان، ماهی کفال طلائی	

استناد: حاجی‌رادکوچک، عیسی، پاتیمار، رحمان، ریسی، هادی، فضل، حسن، قلی‌زاده، محمد (۱۴۰۳). مدل‌سازی رشد و مرگ و میر ماهی کفال طلائی *Chelon auratus* (Risso, 1810) در آب‌های سواحل استان گلستان. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۳ (۱)، ۷۷-۹۰.

DOI: 10.22069/japu.2023.21208.1764



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

امروزه یکی از موضوعات علم مطالعه آبزبان، نحوه به‌دست آوردن محصول بهینه است، بدون آن‌که در توازن ذخایر خللی وارد شود. با درک صحیح پویایی جمعیت آبزبان می‌توان یک مدل از وضعیت موجود و پیش‌بینی آینده از تأثیر صیادی بر روی جمعیت ماهیان، به‌دست آورد. برای رسیدن به حداکثر محصول پایدار (MSY)، تعادلی در میزان مرگ و میر که کاهش‌دهنده رشد ماهی است، باید برقرار باشد. برای مدیریت کارآمد ذخایر، پژوهش‌های مداوم روی ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه ماهی مانند رشد، بقا، بلوغ و بازسازی ذخایر موردنیاز است. تعیین سن و ارتباط بین طول و سن برای چنین پژوهش‌هایی بسیار مهم است (۱).

در همه روش‌های ارزیابی ذخایر از داده‌های سنی استفاده می‌شود، که تخمین پارامترهای سن و رشد از مهم‌ترین ورودی‌های مدل‌های ارزیابی ذخایر برای ارزیابی آثار صید بر پویایی جمعیت می‌باشد (۲). این پارامترها علاوه بر بیان تفاوت‌های جمعیتی در ویژگی‌های زیستی، بیانگر ویژگی‌های زیستگاه نیز هستند (۳).

غالباً در مطالعات مربوط به رشد آبزبان از معادله رشد وون‌برتالانفی استفاده می‌شود. اما دلیلی وجود ندارد که معادله رشد وون‌برتالانفی تنها مدل رشد باشد و همیشه بهترین پاسخ را دهد (۴). مطالعات جدید بیانگر این است که برای توصیف نحوه رشد آبزبان، مدل‌های دیگری مناسب‌تر هستند و برای پیدا کردن بهترین مدل رشد باید بین مدل‌های مختلف رشد مقایسات صورت گیرد و بهترین مدل انتخاب شود (۵، ۶، ۷، ۸).

کفال‌ماهیان (Muigilidae) در آب‌های کرانه‌ای دریاها، خلیج‌ها و آب شیرین زندگی می‌کنند. می‌توانند خود را با تغییرات شدید شوری سازگار

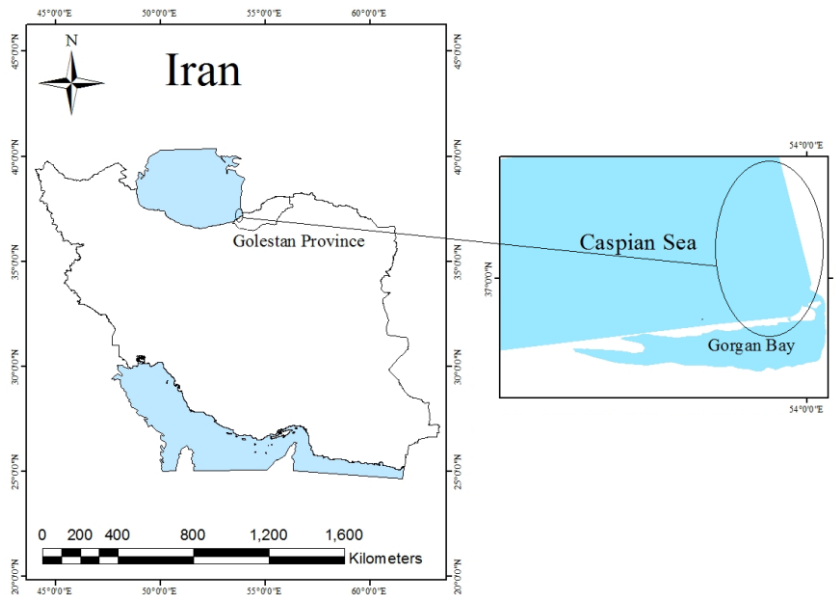
کنند، بیش‌تر گونه‌ها در دریا تخم‌ریزی می‌کنند (۹). گونه کفال‌طلائی با نام علمی *C. auratus* (Risso, 1810) یکی از گونه‌های با ارزش اقتصادی بالای این خانواده است. مناطق پراکنش کفال‌طلائی اقیانوس اطلس، از انگلستان تا جنوب آفریقا، دریای مدیترانه، دریای سیاه و آزوف می‌باشد. کفال‌ماهیان جزء گونه‌های غیربومی دریای خزر محسوب می‌شود و در طی سال‌های ۱۹۳۴-۱۹۳۰ توسط دانشمندان روسی به این دریا پیوند زده شدند (۱۰). کفال‌طلائی در سرتاسر دریای خزر پراکنده است اما به‌دلیل گرمادوستی در فصول پائیز و زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر در نوار ساحلی ایران تجمع می‌یابند (۱۱). مهاجرت کفال‌ماهیان به سواحل ایران هم‌زمان با شروع فصل صید ماهیان استخوانی می‌باشد، بدین ترتیب صیادان ایرانی بیش‌ترین بهره‌برداری را از ذخایر آن‌ها دارند (۱۲). در سال‌های اخیر ترکیب گونه‌ای کفال‌ماهیان به‌شدت تغییر یافته به گونه‌ای که سهم کفال‌طلائی از ۷۶ درصد در ده‌های گذشته به حدود ۹۸ درصد در استان گیلان رسیده است (۱۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان صید ماهیان کفال نسبت به سال‌های اخیر، در سال ۱۴۰۰، ۲۰ درصد کاهش یافته است (۱۴). مطالعه و بررسی روند تغییرات ذخایر ماهیان استخوانی، روند تغییرات ترکیب گونه‌ای، طولی و سنی این ماهیان و در نهایت تعیین میزان مجاز برداشت سالانه ذخایر، از نکات بسیار مهم و ضروری در مدیریت شیلاتی و ماهیگیری مسئولانه می‌باشد (۱۵). غالباً در مطالعات مربوط به رشد آبزبان از معادله رشد وون‌برتالانفی استفاده می‌شود. اما دلیلی وجود ندارد که معادله رشد وون‌برتالانفی تنها مدل رشد هست و همیشه بهترین پاسخ را می‌دهد (۴). مطالعات جدید بیانگر این است که برای توصیف نحوه رشد آبزبان مدل‌های دیگری مناسب‌تر است و برای پیدا کردن بهترین مدل رشد باید بین مدل‌های

۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی (محدوده استان گلستان) صورت گرفت (شکل ۱). در این مطالعه در طول دوره نمونه‌برداری از صید تجاری با اندازه چشمه ۲۷-۳۳ و در خارج از فصل صید از تور با چشمه ۲۰ و ۳۰ استفاده شد. زیست‌سنجی ماهیان شامل طول چنگالی (FL) با دقت یک میلی‌متر و وزن کل (TW) با دقت ۱ گرم صورت گرفت. برای تعیین سن کفال‌طلائی از روش شمارش خطوط سالانه رشد بر روی فلس استفاده شد (۱۶). فلس‌ها ابتدا با آب مقطر و در سود سوزآور (10% NaOH) شسته شدند (۱۷). به‌صورت کلی تعداد ۲۹۶۸ ماهی کفال‌طلائی (*C. auratus* (Risso, 1810) مورد بررسی قرار گرفت.

مختلف رشد مقایسات صورت گیرد و بهترین مدل انتخاب شود (۵، ۶، ۷، ۸). رئیسی و همکاران (۲۰۲۲) بر روی مدل‌سازی رشد کوسه‌ماهی چاک‌لب (*Rhizoprionodon acutus* (Ruppel, 1837) در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان محدوده استان هرمزگان، مطالعه کردند. این پژوهش، با هدف بررسی مدل‌های رشد و مرگ‌ومیر ماهی کفال‌طلائی (*Chelon auratus*) در آب‌های سواحل استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه بر روی ماهی کفال‌طلائی (*C. auratus*) از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۷ به مدت ۳ سال در آب‌های جنوب‌شرقی دریای خزر با مختصات جغرافیایی



شکل ۱- موقعیت منطقه صید ماهی کفال‌طلائی (*C. auratus* (Risso, 1810) در آب‌های جنوب‌شرقی دریای خزر در محدوده استان گلستان.

که در آن، W وزن بدن بر حسب گرم، FL طول چنگالی بر حسب سانتی‌متر، a ضریب ثابت، b شیب خط رگرسیون رابطه طول با وزن است.

برای تعیین میزان رشد و رابطه طول و وزن از فرمول $W=aTL^b$ که b عددی بین ۲ و ۴ می‌باشد، استفاده شد (۱۸).

شد. مدل‌ها با استفاده از روش حداقل مربعات غیرخطی در نرم‌افزار Excel 2013 برازش شدند. سه مدل استفاده شده به صورت زیر می‌باشد:

مدل وون برتالانفی

(۱)

Von Bertalanffy (VB):

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

که در آن، L_t طول به‌عنوان تابعی از زمان، β_1 برابر با طول بی‌نهایت بر حسب سانتی‌متر، β_2 برابر با طول هنگام تولد (L_0) و β_3 برابر با k (years^{-1}).

مدل گامپرتز

(۲)

Gompertz (GOM):

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

که در آن، L_t طول به‌عنوان تابعی از زمان، β_1 برابر با طول بی‌نهایت بر حسب سانتی‌متر، β_2 برابر با طول هنگام تولد (L_0) و β_3 برابر با k (years^{-1}).

مدل لوجستیک

(۳)

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

که در آن، L_t برابر با طول به‌عنوان تابعی از زمان، β_1 برابر با طول بی‌نهایت بر حسب سانتی‌متر، β_2 برابر با نقطه عطف طول و β_3 برابر با k (years^{-1}).

مدل‌ها با استفاده از روش Maximum likelihood

در نرم‌افزار آماری Excel 2013 با استفاده از زبان برنامه VPA برازش شدند (۴).

با استفاده از روش حداقل مربعات باقی‌مانده‌ها برای ضرایب a و b مقادیر بهینه از طریق رابطه زیر به دست آمد (۴):

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

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

که در آن، SSQ مجموع مربعات باقی‌مانده می‌باشد و از معیارهای مورد استفاده برای برازش، روش حداقل مربعات است (۴).

ایزومتریک و آلومتریک بودن رشد به وسیله آزمون

پائولی (۱۹) (معادله ۲) تعیین شد:

$$t = \frac{sd(\ln TL)}{sd(\ln W)} \times \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} \times \sqrt{n-2}$$

در معادله، $sd(\ln TL)$ انحراف معیار لگاریتم طبیعی طول کل (میلی‌متر)، $sd(\ln W)$ انحراف معیار لگاریتم طبیعی وزن کل (گرم)، b شیب خط رگرسیون طول-وزن، r^2 ضریب همبستگی و n تعداد نمونه است. t محاسباتی حاصل از این معادله با مقدار t جدول مقایسه می‌گردد. اگر t محاسباتی بزرگ‌تر از t جدول نباشد می‌توان b معادله ۱ را برابر با ۳ در نظر گرفت که نشان‌دهنده ایزومتریک بودن الگوی رشد است.

از روش اطلاعاتی- نظری به نام استنتاج چندمدلی

(MMI)^۱ جهت مدل‌سازی رشد استفاده شد (۵، ۲۰).

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 وون برتالانفی، یک نسخه سه پارامتری از معادله Gompertz و منحنی رشد لوجستیک بودند. هر مدل نشان‌دهنده فرض H_1 برای رشد بود، و در هر مورد، رشد نامتقارن فرض

1- MMI; Multi Model Inference

که در آن، t حداکثر سن، B شیب خط رابطه $w=al^b$ ، k ضریب رشد و $t_{mb}=t_{max} \times 0.302$ ، سن بحرانی t_{mb} ، ضریب مرگ و میر صیادی (F) با داشتن M و Z از رابطه زیر محاسبه شد.

$$F = Z - M$$

سپس نسبت بهره‌برداری (E) از تقسیم ضریب مرگ و میر صیادی بر ضریب مرگ و میر کل محاسبه شد (۲۳):

$$E = F / Z$$

به منظور انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS22 و رسم نمودارها و انجام آنالیزهای مربوطه از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد.

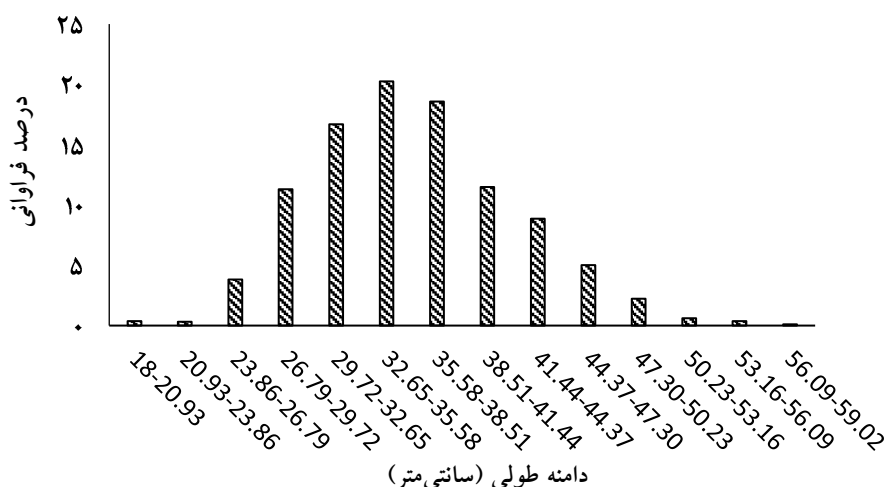
نتایج

در این پژوهش تعداد ۲۹۶۸ قطعه ماهی کفال‌طلائی (*C. auratus* (Risso, 1810) از صیدگاه‌های پره ساحلی استان گلستان به صورت تصادفی تهیه گردید. دامنه طول چنگالی ۵۹-۱۸ سانتی‌متر و میانگین آن $35/64 \pm 5/99$ برآورد شد (شکل ۲).

برازش مدل‌ها نسبت به یکدیگر با استفاده از ضریب اطلاعاتی Akaike (AIC) ارزیابی شد. بهترین مدل، مدلی است که کم‌ترین مقدار AIC، AIC_{min} را دارد. تفاوت‌های AIC به صورت $\Delta AIC_i = AIC_i - AIC_{min}$ محاسبه گردید و جهت حمایت از مدل‌های باقی‌مانده ($I=3-1$) نسبت به بهترین مدل رتبه‌گذاری شد. مدل‌هایی که ΔAIC_i آن‌ها بین ۰ تا ۲ بود حمایت اساسی داشتند، درحالی‌که مدل‌هایی که ΔAIC_i آن‌ها بین ۴ تا ۷ بود به طور قابل توجهی حمایت کم‌تری داشتند. مدل‌هایی با ΔAIC_i بالاتر از ۱۰ ضرورتاً هیچ گونه حمایتی نداشتند (۲۰). وزن‌های Akaike (w) به صورت وزن شاهد به نفع مدلی که بهترین مدل در مجموعه مدل‌های دلخواه بود، محاسبه شد (۲۰). تقریباً ۹۵ درصد فاصله اطمینان و دقت برای تخمین‌های پارامتر بهترین برازش و تخمین‌های جمعیت از ۳۰۰۰ مجموعه داده که مجدداً نمونه‌گیری می‌شدند (resample) به دست آمدند.

ضرایب مرگ و میر: ضریب مرگ و میر کل (Z) از روش منحنی صید بر پایه سن محاسبه گردید (۲۱). ضریب مرگ و میر طبیعی هم از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۲۲).

$$M = \frac{BK}{e^{k(t_{mb}-t_0)} - 1}$$



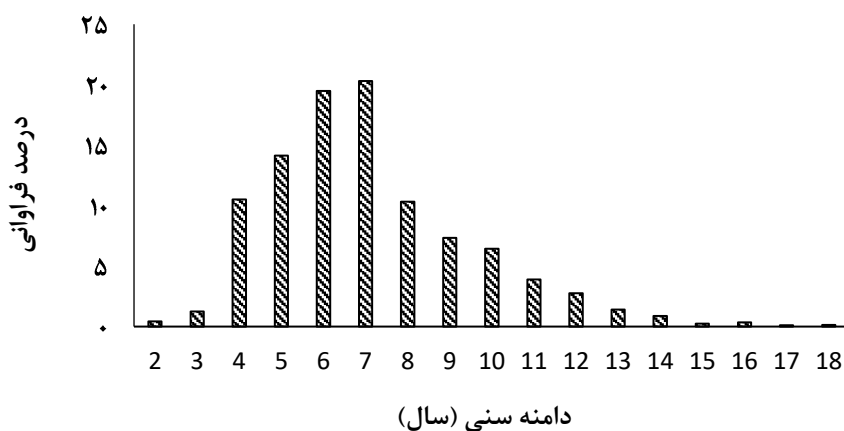
شکل ۲- فراوانی طولی ماهی کفال‌طلائی (*C. auratus* (Risso, 1810) در سواحل جنوب شرق دریای خزر- محدوده استان گلستان.

میانگین طول چنگالی ماهیان کفال $35/64 \pm 5/99$ با دامنه طولی $15-59/5$ سانتی‌متر و میانگین وزن کل $179/97 \pm 366/63$ با دامنه وزنی $1-52/5$ گرم بود. نتایج حاصل از طول چنگالی و وزن کل ماهی کفال به تفکیک سن در جدول ۱ ارائه شده است.

ساختار سنی ماهی کفال بین ۲ تا ۱۸ سال و میانگین سنی $7/09 \pm 2/42$ سال مشاهده شد. بیش‌ترین فراوانی در گروه‌های سنی ۶ و ۷ سال به‌ترتیب با درصد فراوانی ۱۹/۵۰ و ۲۰/۳۰ بود (شکل ۳).

جدول ۱- میانگین طول چنگالی و وزن کل ماهی کفال پلائی (*C. auratus* (Risso, 1810) در سنین مختلف در سواحل جنوب شرق دریای خزر- استان گلستان.

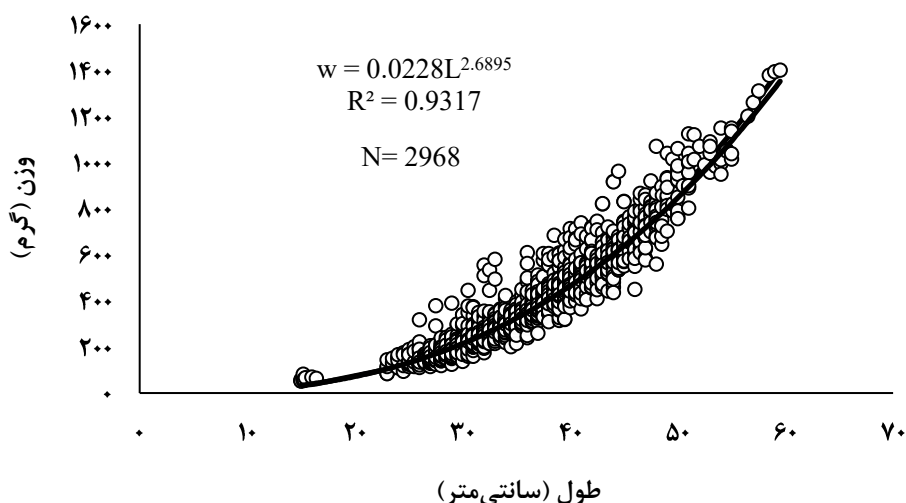
سن	تعداد	طول چنگالی (سانتی‌متر)	وزن کل (گرم)
۲	۱۳	$15/32 \pm 0/00$	$61/04 \pm 8/50$
۳	۳۷	$24/46 \pm 0/84$	$138/08 \pm 28/76$
۴	۳۱۲	$27/22 \pm 0/81$	$160/33 \pm 27/35$
۵	۴۲۰	$30/31 \pm 0/83$	$219/71 \pm 38/40$
۶	۵۷۹	$33/21 \pm 0/85$	$283/33 \pm 40/76$
۷	۶۰۳	$36/14 \pm 0/83$	$354/91 \pm 45/01$
۸	۳۰۷	$38/66 \pm 0/55$	$433/69 \pm 56/48$
۹	۲۱۸	$40/58 \pm 0/56$	$494/82 \pm 62/74$
۱۰	۱۹۱	$42/59 \pm 0/56$	$560/11 \pm 64/12$
۱۱	۱۱۶	$44/60 \pm 0/52$	$625/72 \pm 83/32$
۱۲	۸۲	$46/62 \pm 0/54$	$706/61 \pm 80/21$
۱۳	۴۲	$48/41 \pm 0/51$	$798/67 \pm 104/34$
۱۴	۲۶	$50/48 \pm 0/56$	$930/58 \pm 105/13$
۱۵	۷	$52/86 \pm 0/48$	$1029/00 \pm 51/16$
۱۶	۱۰	$54/50 \pm 0/47$	$1055/30 \pm 69/06$
۱۷	۳	$57/00 \pm 0/50$	$1257/00 \pm 54/56$
۱۸	۴	$59/13 \pm 0/48$	$1393/75 \pm 10/37$



شکل ۳- فراوانی سنی ماهی کفال پلائی (*C. auratus* (Risso, 1810) در سواحل جنوب شرق دریای خزر- محدوده استان گلستان.

آزمون پائولی (۱۹)، آلومتریک منفی بودن الگوی رشد را در این گونه، تأیید نمود. در جمعیت مورد مطالعه رابطه طول چنگالی و وزن ($r^2=0/93$) $W=0/228 FL^{2/69}$ به دست آمد.

الگوی رشد در ماهی کفال‌طلائی، دارای ضریب همبستگی بالایی بود (شکل ۴). مقادیر شیب خط رگرسیونی (b) با مقدار عددی ۳ به عنوان ضریب رشد ایزومتریک اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0/05$ ، $t=2/40$) که نمایانگر رشد آلومتریک منفی می‌باشد.



شکل ۴- رابطه طول- وزن ماهی کفال‌طلائی (*C. auratus* (Risso, 1810) در سواحل جنوب شرق دریای خزر- استان گلستان.

را نشان داد. طول بی‌نهایت (L_{∞})، سرعت رشد و رسیدن به طول بی‌نهایت (K) و شاخص سن صفر (t_0) برای این گونه در جدول زیر آورده شده است.

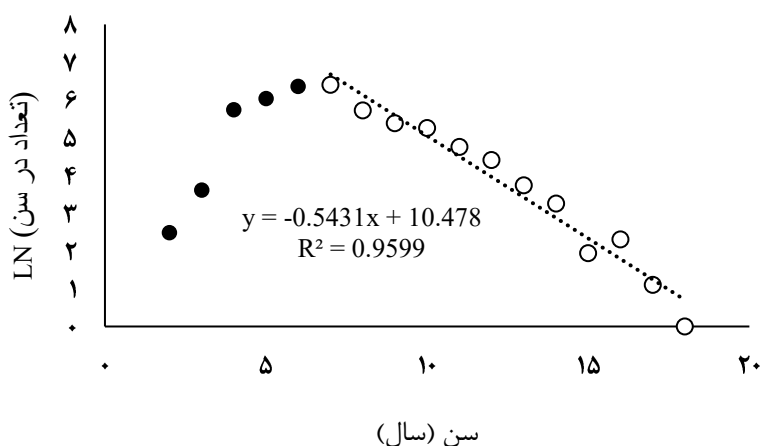
پارامترهای معادله رشد براساس سه مدل وون برتالانفی، لجستیک و گامپرتز برای ماهی کفال‌طلائی (*C. auratus*) مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). این پارامترها برای جمعیت این ماهی مقادیر متفاوتی

جدول ۲- پارامترهای معادله رشد ماهی کفال‌طلائی در سواحل جنوب شرق دریای خزر- استان گلستان.

ΔAIC	AIC_c	t_0	K	L_{∞}	مدل‌های استفاده شده
۱/۱۹	۵۶/۸۸	-۱/۳۶	۰/۱۰۱	۶۸/۷۱	وون برتالانفی
۱/۲۷	۵۰/۷۱	۰	۰/۱۹	۶۲/۹۴	لجستیک
۱/۷۱	۴۶/۱۳	۰	۰/۱۲	۶۷/۱۸	گامپرتز

۰/۲۸۸۱ در سال محاسبه گردید. همچنین ضریب بهره‌برداری (E) ۰/۵۳۰۵ برآورد شد.

ضریب مرگ و میر کل (Z) برابر ۰/۵۴۳۱ در سال محاسبه شد (شکل ۵). ضریب مرگ و میر طبیعی (M) ۰/۲۵۵ در سال و مرگ و میر صیادی (F)



شکل ۵- منحنی صید شده کفال‌طلائی در سواحل جنوب شرق دریای خزر- استان گلستان.

بحث

مغذی، کیفیت غذایی و هم‌چنین تفاوت‌های ژنتیکی نسبت داد (۲۷، ۲۸). اندازه بدن ماهی ارتباط مستقیم با میزان سوخت و ساز و جذب انرژی دارد و مطلوبیت یک زیستگاه برای ماهی در میزان رشد ماهی نمود پیدا می‌کند.

در این مطالعه بیشینه سن ۱۸ سال به‌دست آمد. در مطالعه حاجیوند (۱۳۹۵) در سواحل جنوب غرب دریای خزر (استان گیلان) بیش‌ترین سن ۱۳ سال (۲۹)، پورفرج و همکاران (۲۰۱۳) ۱۰ سال (۳۰)، ایلکیاز و همکاران (۲۰۰۶) در خلیج ازمیر در دریای اژه، ۴ سال (۲۶) به‌دست آمد. کرایویچ و همکاران (۲۰۱۱) سن ماهی کفال را با استفاده از فراوانی طولی و فلس تعیین کردند (۲۵). در تعیین سن با فلس ۹ کلاسه سنی و با استفاده از فراوانی طولی فقط ۷ کلاسه سنی به‌دست آوردند. نتایج سن در این مطالعه با نتایج سایرین تفاوت دارد. تفاوت در گروه‌های سنی در جمعیت‌های مختلف از یک گونه می‌تواند به طول عمر، سن بلوغ جنسی در اولین تولیدمثل و سن بازگشت همزادان به محل تولد ارتباط داشته باشد. حداکثر سن در جمعیت‌ها به‌وسیله شرایط اکولوژیکی زیستگاه‌ها تعیین می‌شود که به‌صورت تنوع در پارامترهای بیولوژیکی- جمعیتی انعکاس پیدا می‌کند (۳۱) و این تغییرات و تنوع در بین جمعیت‌ها و

در این مطالعه دامنه طول چنگالی ماهی کفال‌طلائی *C. auratus* (Risso, 1810) ۱۵-۵۹ سانتی‌متر با میانگین طول چنگالی $35/64 \pm 5/99$ سانتی‌متر به‌دست آمد. دامنه وزن کل نیز ۱۴۰۱-۵۲/۵۰ گرم با میانگین $366/63 \pm 179/97$ گرم بود. حاجیوند و همکاران (۱۳۹۵) دامنه طولی و وزنی ماهی کفال‌طلائی در استان گیلان را به‌ترتیب بین ۱۰ تا ۵۴ سانتی‌متر و ۴۰ تا ۲۲۰۰ گرم به‌دست آوردند. غنی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۰) دامنه طول کفال‌طلائی در سواحل دریای خزر بین ۱۹ تا ۵۰ سانتی‌متر و بیش‌ترین فراوانی طولی $32/7 \pm 6/4$ محاسبه کردند. هم‌چنین میانگین وزن کل 411 ± 255 گرم محاسبه شد (۲۴). کرایویچ و همکاران (۲۰۱۱) میانگین طول چنگالی کفال‌طلائی را در دریای آدریاتیک $29/37$ سانتی‌متر با دامنه طولی $21/7$ تا $40/4$ سانتی‌متر گزارش کردند (۲۵). میانگین طول چنگالی کفال‌طلائی توسط ایلکیاز و همکاران (۲۰۰۶) در خلیج ازمیر در کشور ترکیه ۲۳ با دامنه طولی $7/5-39/5$ سانتی‌متر با دامنه وزنی ۶-۵۰۰ گرم محاسبه شد (۲۶). ووتن (۲۰۰۹) و نیکولسکی (۱۹۶۹) معتقدند که تغییرات رشدی ماهی از نظر طول و وزن را می‌توان به سازگاری‌های محیطی، مثل درجه حرارت، مواد

طول بی‌نهایت و ضریب رشد جمعیت‌های مختلف این گونه اختلاف وجود داشت (جدول ۳). برای نمونه، بالاترین طول بی‌نهایت و کم‌ترین ضریب رشد در مطالعه حاضر در جنوب شرقی دریای خزر به‌دست آمد، که علت آن احتمالاً تفاوت‌های اکولوژیکی هر ناحیه می‌باشد. دو پارامتر طول بی‌نهایت و ضریب رشد (K و L_{∞}) دارای رابطه معکوس هستند به‌طوری‌که با افزایش مقدار L_{∞} میزان K کاهش می‌یابد (۲۳). در مطالعه امینیان‌فتیحه و همکاران (۱۳۹۶) مقدار K و L_{∞} به روش فوردر-والفورد $0/13$ بر سال و $62/10$ سانتی‌متر برآورد گردید (۳۴). در این مطالعه میزان K و L_{∞} به روش الفان و شفرد ضریب رشد بزرگ‌تر از $0/1$ بود، که نشان داد این ماهیان در گروه ماهیان با رشد سریع قرار می‌گیرند (۳۵). 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 غالب در مناطق به‌خصوص در دما و شرایط تغذیه‌ای به‌وجود می‌آید (۳۶).

نژادهای مختلف این گونه بیانگر انعطاف‌پذیری بیولوژیکی بالای آن بوده و توانایی تشکیل فرم‌های اکولوژیکی - منطقه‌ای در شرایط متنوع زیستگاهی را می‌رساند و حتی توانایی تحمل و سازگاری نسبت به تغییرات بوم‌شناختی در درون یک زیستگاه را نیز داراست (۳۲).

نتایج حاصل از طول-وزن ماهی کفال‌طلائی در پژوهش حاضر نشان داد الگوی رشد آلومتریک منفی ($b=2/69$) می‌باشد. مقدار b در مطالعه صورت گرفته توسط فضلی و همکاران ($b=3/006$) آلومتریک مثبت، حاجیوند و همکاران (۱۳۹۵) $2/71$ و آلومتریک منفی، عبدالملکی و همکاران (۲۰۱۴) $2/82$ آلومتریک منفی که هر دو مطالعه اخیر همسو با مطالعه ما می‌باشد (۱۵). تنوع در ضریب آلومتری در نمونه‌های مورد مطالعه بیانگر واکنش موجود به محیط‌های متفاوت است که این واکنش به صورت تغییر شکل بدن (طویل‌تر یا چاق‌تر شدن) بروز می‌کند. در حقیقت رشد ماهی به صورت یک پروسه متغییر نامشخصی است که در مقابل فاکتورهای محیطی پاسخ‌های متفاوتی می‌دهد (۳۳). متنوع بودن ضریب آلومتری جمعیت‌های یک گونه نشانگر متنوع بودن الگوی رشد گونه در مناطق مختلف است.

جدول ۳- نتایج حاصل برآورد پیراسنج‌های رشد ماهی کفال در مطالعات انجام شده.

نویسندگان	کشور	جنس	طول بینهایت (L_{∞})	ضریب رشد (K)
(۴۱)	یونان	نر	۲۶/۷	۰/۳۲۴
(۴۱)	یونان	ماده	۲۹/۴	۰/۲۷۸
(۴۰)	یونان	جمعیت	۳۲/۹	۰/۲۶۰
(۴۲)	روسیه	جمعیت	۴۳/۳	۰/۲۰۸
(۳۹)	اسپانیا	نر	۴۳/۳	۰/۲۶۰
(۳۹)	اسپانیا	ماده	۳۸/۷	۰/۲۰۰
Campillo, 1992	فرانسه	نر	۴۵/۳	۰/۱۷۰
Campillo, 1992	فرانسه	ماده	۶۶/۳	۰/۱۰۰
(۱۵)	دریای خزر	جمعیت	۵۹/۲۴	۰/۱۲۰
مطالعه حاضر	دریای خزر- گلستان	جمعیت	۶۸/۷۱	۰/۱۰۱

نتایج این مطالعه در مورد نحوه رشد بیانگر این بود که مدل رشد گام‌پرتز بهترین مدل برای تصیف نحوه رشد ماهی کفال‌طلائی انتخاب شد. نتایج رئیسی و همکاران (۲۰۱۶)، روی کوسه چانه سفید *C. dussumeiri* بیانگر مدل رشد لجستیک (۳۸) و هم‌چنین رئیسی و همکاران (۲۰۲۲) بر روی مدل‌سازی رشد کوسه ماهی چاک‌لب *Rhizoprionodon acutus* (Ruppel, 1837) در آب‌های خلیج‌فارس و دریای عمان محدوده استان هرمزگان نیز مدل رشد لجستیک بهترین مدل برای توصیف نحوه رشد این گونه بود (۳۹). بررسی داده‌های تعیین سن در مقابل طول نیز نشان داد که اختلاف طول مشاهده بین دو سال متوالی که بیانگر میزان رشد سالانه بود در سال‌های ابتدای زندگی تغییرات اندکی داشت سبب آهنگ سرعت رشد افزایش و دوباره کاهش می‌یافت که این مسأله بیانگر این بود که نحوه رشد با مدل رشد فون برتالانفی که به تدریج با افزایش سن کاهش می‌یابد، مطابقت ندارد. این مطالعه تقریباً از اولین مطالعاتی بود که بر روی مدل‌سازی رشد و مرگ و میر ماهی کفال‌طلائی در سواحل استان گلستان و در کل محدوده آب‌های ایرانی دریای خزر انجام گردید. از طرفی با توجه به فشارهای صید قانونی و غیرقانونی بر روی این گونه ارزشمند پیشنهاد می‌گردد از نتایج این مطالعه به عنوان پایه‌ای برای مطالعات گسترده‌تر آینده استفاده شود، و وضعیت این ذخیره مورد پایش و مطالعه دقیق سالانه قرار گیرد تا بتوان از نتایج این مطالعات جهت اتخاذ رویکردهای علمی مدیریتی برای نجات این ذخیره ارزشمند از خطر انقراض استفاده کرد.

یکی از مهم‌ترین گونه‌های اقتصادی سواحل جنوبی دریای خزر ماهی کفال می‌باشد و به‌شدت مورد توجه صیادان است. بنابراین ضرایب مرگ و میر آن بسیار متغیر می‌باشد. عبدالملکی و همکاران (۲۰۱۴) در استان گیلان ضریب مرگ و میر طبیعی این گونه برابر ۰/۲۰ در سال محاسبه نمود (۱۵). این ضریب در جمعیت مورد مطالعه ۰/۲۵۵ بود. به‌نظر می‌رسد تغییر فاحشی در مقادیر این ضریب وجود ندارد. عبدالملکی و همکاران (۲۰۱۴) ضریب مرگ و میر کل را ۰/۴۸ برآورده کرده است (۱۵). به‌طورکلی در جمعیت‌های مورد مطالعه ماهی کفال در جنوب شرق دریای خزر، نرها نسبت به ماده‌ها دارای ضریب مرگ و میر کل بزرگ‌تری بودند. با بررسی ضریب مرگ و میر صیادی ملاحظه می‌گردد که این ضریب برابر ۰/۲۸۸ در سال است.

در مطالعه حاجیوند و همکاران (۱۳۹۵)، ضریب مرگ و میر کل ۰/۵۶، مرگ و میر طبیعی ۰/۱۸۲، مرگ و میر صیادی ۰/۳۷۷ ضریب بهره‌برداری ۰/۶۷ محاسبه گردید (۲۹). مقدار ضریب بهره‌برداری معادل با ۰/۵۳۰۵ برآورد گردید که با توجه به ضریب بهره‌برداری بهینه، می‌توان بیان نمود که مقدار محاسبه شده بیش‌تر از ۰/۵۰ بوده و در اندازه مناسبی قرار ندارد. بنابراین صاحب‌نظران شیلات باید از هر گونه فشار صید که باعث صید بیش از حد (Overfishing) می‌شود، جلوگیری نمایند (۳۷). در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان نمود که میزان رشدی کفال‌طلائی تا حدی کاهش پیدا کرده ولی جمعیت این ماهی تحت بهره‌برداری شدیدی قرار ندارد. برای جلوگیری از کاهش جمعیت و ساماندهی صید پایدار و طولانی‌مدت می‌توان سقف بهره‌برداری رو کم‌تر کرده و هم‌چنین از برداشت غیرمجاز این ماهی جلوگیری به‌عمل آید.

منابع

1. King, M. (1996). Fisheries Biology Assessment and Management. Fishing News Book. 341p.
2. Pitcher, T. J., & Hart P. J. B. (1982). Fisheries Ecology. Croom Helm, London, UK. 414p.
3. Mann, R. H. K. (1991). Growth and Production. In: (I.J. 9 Winfield & J.S. Nelson J.S. eds.), Cyprinid Fishes; Systematics, Biology and Exploitation. Chapman & Hall, London, UK. pp: 456-482.
4. Haddon, M. (2011). Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. Second Edition, Taylor and Francis press. 449 p.
5. Katsanevakis, S., & Maravelias, C. D., (2008). Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*. 9, 178-187.
6. Thorson, J. T., & Simpfendorfer, C. A. (2009). Gear selectivity and sample size effects on growth curve selection in shark age and growth studies. *Fisheries Research*. 98, 75-84.
7. Harry, A. V., Andrew, J., & Simpfendorfer, C. A. (2013). Age, growth and reproductive biology of the spot-tail shark, *Carcharhinus sorrah*, and the Australian blacktip shark, *C. tilstoni*, from the Great Barrier Reef World Heritage Area, north-eastern Australia. *Marine and freshwater research*. 64, 277-293.
8. Raeisi, H. (2016). Stock assessment and management of *Carcharhinus dussumieri* (Valenciennes, 1839) by using stochastic modeling from fishing grounds in the Persian Gulf and Oman Sea. Ph.D. Thesis, Hormozgan University, Hormozgan, Iran. [In Persian]
9. Sattari, M., Shahsavani, D., & Shafii, Sh. 2003. Systematic Ichthyology, vol. 2. Rasht, Publication of Haghshenas. 502 p. [In Persian]
10. Karpevitch, A. F. (1975). The theory and practice of acclimatization of water organisms. IZD Pischevaya Promyshlonnosti, Moscow. 432 p. [In Russian]
11. Razavi Sayad, B. (1999). Introduction to Ecology of the Caspian Sea Iranian. Fisheries Science Research Institute, Tehran, Research Project Report Number: 0-73-12-91116. 90 p. [In Persian]
12. Daryanabard, Gh. R., Shabani, A., Kaymaram, F., & Gorgin, S. (2009). Reproductive and sexual maturity Golden Grey mullet *Liza auratus* (Risso1810) in Iranian waters of the Caspian Sea. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16 (2): 77-88.
13. Abdolmalaki, Sh., & Ghaninejad, D. (2015). Bony Fishes of the Caspian Sea (Biology, Dispersion, Fisheries, Restocking, Strength and Weakness). Iranian Fisheries Science Research Institute, Research Project Report. [In Persian]
14. Statistical Yearbook of Iranian Fisheries, 1400-1395. Planning and Budget Office, Planning and Statistics Department. Tehran Iran. 29 p.
15. Abdolmalaki, Sh., Pourghlami, A., Daryanabard, G. R., Bandani, G. A., Khedmati, K., Fazli, H., Nahravar, M. R., Nikpour, M., Keymaram, F., Parafkandeh, F., & Rastin, R. (2014). Survey on stocks of Caspian Sea mullets (*Liza auratus* & *Liza saliens*) in Iranian coastal waters of the Caspian Sea. Bandar Anzali Inland Waters Aquaculture Research Institute, Research Project Report. [In Persian]
16. Thomson, J. M. (1957). Interpretation of the scales of the Yellow-eye mullet, *Aldrichetta forsteri* (Cuvier & Valenciennes) (Mugilidae). *Marine and Freshwater Research*, 8 (1), 14-28.
17. Hotos, G. N. (2003). A study on the scales and age estimation of the grey golden mullet, *Liza auratus* (Risso, 1810), in the lagoon of Messolonghi (W. Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 19 (4), 220-228.
18. Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.* 22, 241-253.

19. Pauly, D., & Munro, J. L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and vertebrates, *ICLARM Fishbyte*, 2 (1), 21.
20. Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2001). Kullback–Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. *Wildlife Research*, 28, 111-119.
21. King, M. (2007). *Fisheries Biology, Assessment and management*. Blackwell Scientific Publication. 382 p.
22. Zhang, C. I., & Megrey, B. A. (2006). A revised Alverson and Carney model for estimating the instantaneous rate of natural mortality. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135 (3), 620-633.
23. Sparre, P., & Venema, S. G. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 Manual, FAO Fisheries Technical Paper, No. 306.1, Rome, FAO. 407 p.
24. Ghaninejad, D., Abdolmalaki, Sh., & Kuliyevev, Z. M. (2010). Reproductive biology of the golden grey mullet, *Liza auratus* in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9 (3), 402-411.
25. Kraljević, M., Dulčić, J., Pallaoro, A., & Matić-Skoko, S. (2011). Age and growth determination of the golden grey mullet, *Liza auratus* (Risso, 1810) from the Adriatic Sea by using scale readings and length frequency analysis. *Acta Adriatica*, 52 (2), 223-232.
26. İlkyaz, A. T., Firat, K., Saka, Ş., & Kinacigil, H. T. (2006). Age, growth, and sex ratio of golden grey mullet, *Liza auratus* (Risso, 1810) in Homa Lagoon (Izmir Bay, Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology*, 30 (3), 279-284.
27. Wootton, R. J. (2009). *Fish Ecology*. Springer, 212p.
28. Nikolski, G. V. (1969). *Theory of Fish Population Dynamics as the Biological Background for Rational Exploration and Management of Fishery Resources*. Oliver & Boyd Publication, 1st English Language Edition. 340 p.
29. Hajivand, S., Sattari, M., Sajjadi, M. M., & Abdul Maleki, S. (2015). Age structure, growth and mortality rate of golden mullet *Liza auratus* (Rissa, 1810) in the southwestern shores of the Caspian Sea (Gilan Province). *Journal of Applied Fisheries Research*. 41-54 (4), 4.
30. Porfaraj, V., Karami, M., Nezami, Sh. A., Rafiee, Gh. R., Khara, H., & Hamidoghli, A. 2013. Study of some biological features of Mulletts in Iranian coasts of the Caspian Sea. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 2 (1), 97-110. [In Persian]
31. Beverton, R. J. H. (1992). Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. *J. Fish. Biol.* 41(supplement B), 137-160.
32. Kuliev, Z. M. (1984). Ob izmenchivosti morphometricheskikh priznakov kaspiskoi vobli *Rutilus rutilus caspicus* (Jakowlew) (Cyprinidae). *Voprosi Ikhtiologii*. 24 (6), 1984.
33. Weatherley, A. H., & Gill, H. S. (1987). *The biology of Fish Growth*. London: Academic Press Inc. 443 p.
34. Aminian Fatideh, B., Bahmani, Z., & Kolbadinejad, A. (2016). Investigating the biological indicators of narrow-nosed mullet (*Liza saliens*) in the Miankala fishery of the Caspian Sea. *Journal of aquaculture exploitation and breeding*. 2 (6), 1-9.
35. Jennings, S., Kasier, M., & Reynold, J. (2000). *Marine Fisheries Ecology*. Black well Science. 391p.
36. Turkmen, M., Erdogan, O., Haliloglu, H. I., & Yildirim, A. (2001). Age, Growth and reproduction of *Acanthalburnus microlepis*, Filipi 1863 from the Yagan Region of the Aras River, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 25, 127-133.
37. Tatar, R. D., Ghorbani, R., Gergin, S., Bandani, G. H., & Yahyai, M. (2017). Evaluation of the exploitation status of the Caspian Sea bream fish (*R. caspicus*) in the southeast of the Caspian Sea. *Scientific Journal of Iranian Fisheries*. 27 (4), 67-77.
38. Pordelan, A., Raeisi, H., Alijanpour, S., Patimar, R., Haghparast, S., & Bahalkeh, A. (2022). Growth modelling of milk shark, *Rhizoprionodon acutus* (Ruppel, 1837) from waters of the

- Persian Gulf and Oman Sea (Hormozgan province). *Journal of Applied Ichthyological Research*, 10 (1), 38-45. [In Persian]
39. Cardona, L. (1999). Age and growth of leaping grey mullet (*Liza saliens* (Risso, 1810)) in Minorca (Balearic Islands). *Scientia Marina*, 2, 93-99.
40. Katselis, G., Koutsikopoulos, C., & Kaspiris, P. (2002). Age determination and growth of leaping mullet, (*Liza saliens* R. 1810) from the messolonghi Etoliko lagoon (western Greece). *Mediterranean Marine Science*, 2, 147-158.
41. Koutrakis, M., & Sinis, A. I. (1994). Growth analysis of grey mullets (Pisces, Mugilidae) as related to age and site. *Isr. I J. Zool.* 40, 37-53.
42. Pauly, D., & David, N. (1981). ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from Length-Frequency data. *Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung*, 28 (4), 205-211.