وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی

Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir

ISSN: 2423-6349

دوره ۱۲، شماره ۴، صفحات ۱۲-۱.

بررسی عدم قطعیت در برآورد پارامترهای رشد و مرگ و میر طبیعی و آنالیز حساسیت در برآورد طول بهینه صید دو گونه کفال طلایی (*Chelon auratus*) و کفال پوزه باریک (*Chelon saliens*)

آرزو رضاقلی‌پور[۱]، پرویز زارع*[۱]، رسول قربانی[۱]، علی رضائی شیرازی[۲]

[۱]گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲]معاونت صید و بنادر ماهیگیری، اداره کل شیلات گلستان، سازمان شیلات ایران، گرگان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۳/۱۲/۱۵
پذیرش: ۰۴/۰۲/۲۹

نویسنده مسئول مکاتبه:
پرویز زارع، گروه تولید و بهره¬برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

ایمیل:
parvizzare58@yahoo.com

چکیده

هدف از تحقیق حاضر، برآورد طول بهینه صید دو گونه کفال پوزه باریک و کفال طلایی با در نظر گرفتن عدم قطعیت و آنالیز حساسیت می‌باشد. برای ثبت داده‌های طول، وزن و سن، از این دو گونه به ترتیب ۵۰ و ۳۲ قطعه از صید پره سواحل گلستان در بازه زمانی مهر ۱۴۰۱ تا فروردین ۱۴۰۲ تهیه شدند. پارامترهای طول بی‌نهایت (L_∞) و نرخ رشد (k) به دو روش فورد و والفورد و حداقل مربعات غیرخطی و نرخ مرگ‌ومیر طبیعی (M) با ۱۰ روش مختلف برآورد شد. طول بهینه صید (L_{opt}) برای دو گونه ماهی نیز به کمک دو سناریوی (۱) محاسبه مرگ و میر طبیعی از پارامترهای رشد برآورد شده از روش فورد و والفورد و (۲) محاسبه مرگ و میر طبیعی از پارامترهای رشد برآورد شده از روش حداقل مربعات غیر خطی برآورد شد. ترکیب سنی برای گونه کفال پوزه باریک از ۰ تا ۷ ساله (با دامنه طول چنگالی ۲۸/۸-۱۳/۸ سانتی‌متر) و برای کفال طلایی از ۱ تا ۱۳ ساله (با دامنه طول چنگالی ۵۲/۰-۱۳/۹ سانتی‌متر) متغیر بود. در بررسی رابطه طول و وزن، مقدار شیب خط برای کفال طلایی و کفال پوزه باریک به ترتیب ۲/۸۱ و ۳/۰۴ بدست آمد. مقدار طول بی نهایت و نرخ رشد با روش فورد و والفورد برای کفال پوزه باریک به ترتیب ۳۰/۷ سانتی‌متر طول چنگالی و ۰/۲۵ در سال و برای کفال طلایی به ترتیب ۶۱/۳ سانتی‌متر طول چنگالی و ۰/۱۱ در سال بدست آمد. همین پارامترها با روش حداقل مربعات غیرخطی برای کفال پوزه باریک ۲۵/۲ سانتی‌متر طول چنگالی و ۰/۲۵ در سال و برای کفال طلایی ۴۷/۷ سانتی‌متر طول چنگالی و ۰/۱۶ در سال برآورد شد. دامنه مقادیر نرخ مرگ و میر طبیعی برآورد شده از ۰/۱۷۶ تا ۰/۵۴۳ برای کفال طلایی و از ۰/۴ تا ۱/۲۳ برای کفال پوزه باریک متغیر بود. مقادیر طول بهینه صید کفال پوزه باریک از ۱۶/۳ تا ۲۲/۳ سانتی‌متر (با میانگین ۱۸/۶) در سناریوی ۱ و از ۱۷/۳ تا ۲۱/۱ سانتی‌متر (با میانگین ۱۹/۶) در سناریوی ۲ متغیر بود. طول بهینه صید کفال طلایی در سناریوی ۱ و ۲ به ترتیب در دامنه ۴۲/۳-۲۴/۱ سانتی‌متر (با میانگین ۲۹/۳) و ۳۳/۳-۲۳/۶ سانتی‌متر (با میانگین ۲۶/۹) بود. اختلاف محاسبات طول بهینه صید برای کفال طلایی در دو سناریوی ۱ و ۲ به ترتیب ۱۸/۲ و ۹/۷ سانتی‌متر و برای کفال پوزه باریک در این دو سناریو به‌ترتیب ۵/۹ و ۳/۸ سانتی‌متر بود. این نتایج حاکی از تاثیر پارامترهای رشد و مرگ و میر طبیعی بر برآورد طول بهینه صید می باشد. پیشنهاد نهایی این مطالعه برای مدیریت صید پایدار و تدوین قوانین مرتبط، تعیین طول بهینه صید برای کفال پوزه‌باریک و کفال طلایی به‌ترتیب ۲۰ و ۲۶ سانتی‌متر است .

واژه‌های کلیدی: عدم قطعیت، رشد، مرگ و میر طبیعی، آنالیز حساسیت، طول بهینه صید، کفال

۱ | مقدمه

در سواحل ایرانی دریای کاســـپین، حدود ۱۶-۱۵ گونه از ماهیان اســـتخوانی صـــید شـــده با پره ســـاحلی مورد توجه جوامع صیادی محلی می‌باشد (Fazli, 2020). امروزه کفال ماهیان از گونه‌های ا صلی و غالب در ترکیب صید ماهیان

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

ا ستخوانی به شمار می‌آیند. بر ا ساس آمار صید موجود، پس از ماهی سفید، کفال ماهیان در رتبه دوم بیشترین مقدار صید وزنی را به خود اختصاص می‌دهند. بعنوان م ثال در سال بهره‌برداری ۹۵-۱۳۹۴ گو نه های کفال ماهیان، ماهی سفید و سایر ماهیان به ترتیب ۷۴، ۱۴ و ۱۲ درصد وزنی از ترکیب صید را دارا بودند (Fazli, 2018a) و در سال بهره‌برداری ۹۷-۱۳۹۶ میزان درصد وزنی این سه گروه ماهیان به ترتیب برابر با ۶۶، ۲۲ و ۱۲ بوده است (Fazli, 2020). بنابراین، کفال ماهیان بعد از ماهی سفید می‌تواند نقش بسزایی در تولید پروتئین دریایی و درآمدزایی در سه استان شمالی کشور برای جوامع صیادی محلی داشته باشد.

ماهیان دریای کاسپین با تهدیدات متعددی مانند تخریب زیستگاه، سد سازی، صید بی رویه، صید غیرقانونی، تغییر اقلیم و آلودگی و غیره رو به رو هستند. بنابراین برآورد به روز و دقیق پارامترهای رشد، مرگ و میر طبیعی و طول بهینه صید برای پایش و ضعیت جمعیت ماهیان و ارزیابی اثرات مدیریت شیلاتی بر این جمعیت ها بسیار مهم است. طول بهینه صید (L_{opt}) یک پارامتر کلیدی در مدیریت پایدار منابع آبزی است که نشان‌دهنده طولی از ماهی یا گونه مورد نظر ا ست که در آن حداکثر بهره‌وری زیستی و اقتصادی از ذخایر حاصل می‌شود (Froese *et al*. 2016). طول بهینه صید یکی از شاخص های مهم و مفیدی است که در انتخاب پذیری ادوات صید و مدیریت صید آبزیان می توان از آن استفاده کرد. ادوات صید باید به گونه‌ای طراحی و مورد استفاده قرار گیرند که افراد زیر این اندازه صید نشوند (Achmad *et al*., 2020). بنابراین، اطلاعات مربوط به طول بهینه صید می‌توانند راهنمایی‌هایی در زمینه ا ستراتژی‌های مدیریت صید ارائه دهند (Sadovy, 1996).

همچنین پارامتر های رشد (L_∞ و K) و مرگ و میر طبیعی (M) از پارامترهای مهم شیلاتی در مدیریت صید هستند که در محاسبه‌ی طول بهینه صید) استفاده می‌شود. از آنجایی که در محاسبه‌ی طول بهینه صید از این پارامترها ا ستفاده می شود، بای ستی عدم قطعیت در برآورد این پارامترها در محاسبه طول بهینه صید در نظر گرفت. چرا که در جه بالای عدم قطعیت در برآورد م قدار این پارامترها مشکلی است که می‌تواند بر صحت و دقت نتایج ارزیابی ذخایر و در نهایت بر مدیریت صید پایدار تأثیر زیادی بگذارد.

در دو دهه اخیر مطالعات زیادی در زمینه برآورد پارامترهای رشد و مرگ و میر طبیعی کفال ماهیان دریای کا سپین بخ صوص کفال طلایی (*Chelon auratus*) انجام شده است. با توجه به اینکه بیش از یک دهه است که منابع قبلی میزان صید کفال طلایی را بیش از ۹۵ در صد از ترکیب صید کفال ماهیان در صید پره ساحلی گزارش کرده‌اند (Daryanabard *et al*., 2009؛ Daryanabard, 2013؛ Pourgholami moghaddam, 2013؛ Fazli, 2018a). با همین تصور، تمام کفال ماهیان صید شده عملا کفال طلایی در نظر گرفته شده ا ست و برای همین دلیل برآورد های خیلی کمی از ک فال پوزه بار یک (*Chelon saliens*) در منابع منتشر شده داریم. در حالیکه نتایج تحقیق Rezaee Shirazi (2024) در ا ستان گلستان نشان می‌دهد که درصد کفال پوزه باریک در ترکیب صید بخصوص در بازه زمانی مهر تا دی ماه قابل توجه می‌باشد. همچنین در یک مطالعه ن شان دادند که ذخیره کفال پوزه باریک نسبت به کفال طلایی خیلی قابل توجه است (Abbasi Ranjbar *et al*., 2023).

در مطالعات گذ شته، مقادیر طول بهینه صید کفال طلایی با استفاده از فرمول بورتون (Beverton, 1992) برابر با ۳۵/۳ سانتی‌متر طول چنگالی (۳۹ سانتی‌متر طول کل) (Fazli and Daryanabard, 2012) و ۳۵/۵ سانتی‌متر طول چنگالی (۳۹/۱ سانتی‌متر طول کل) (Pourgholami moghaddam, 2013) و ۳۷/۵ سانتی‌متر طول چنگالی (۴۱/۴ سانتی‌متر طول کل) (Abdolmalaki, 2014) گزارش کردند. Fazli *et al*. (2013) دریک مطالعه‌ای طول بهینه صید کفال پوزه باریک را ۳۱ سانتی متر برآورد کردند. درمطالعه ی خود برای برآورد طول بهینه صید از فرمول‌های تجربی منتشر شده در مقاله Froese and Binohlan (2000) استفاده کردند که این فرمول ها از روابط بین طول بینهایت با طول بهینه‌ی صید ماهیان دیگر بدست آمده است. برای همین دلیل، ممکن است برآوردها واقعی و دقیق نباشد و دارای خطا باشد و این نیاز دارد با داده های طول و سن واقعی این پارامتر های مدیریتی مجدداً بررسی شود.

برای همین دلیل، هدف از این مطالعه برآورد پارامترهای رشد (L_∞ و K)، مرگ و میر طبیعی (M) و در نهایت طول

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

بهینه صید (L_{opt}) برای دو گونه کفال پوزه باریک (*Chelon saliens*) و کفال طلایی (*Chelon auratus*) با در نظر گرفتن عدم قطعیت و انجام آنالیز حساسیت می‌باشد. با برآورد دقیق‌تر این پارامترها با اتخاذ روش و رویکرد مناسب می‌توان از تاثیر برآوردهای نادرست احتمالی بر اتخاذ استراتژی‌های مدیریت صید جلوگیری کرد.

۲ | مواد و روش‌ها

با توجه به اهداف مطالعه، نمونه‌های مورد نیاز از دو گونه کفال طلایی و پوزه باریک بصورت انتخابی یعنی تا حد امکان نمونه‌های کوچک تا بزرگ از صید انتخاب شدند. تعداد ۵۰ قطعه کفال طلایی و ۳۲ قطعه کفال پوزه باریک از سواحل جنوب شرقی دریای کاسپین در سواحل گلستان در سال بهره‌برداری ۱۴۰۲-۱۴۰۱ با توره پره ساحلی جمع آوری شد.

برای تامین داده‌ها برای تعیین رابطه بین طول و وزن از ویژگی‌های مانند ساقه دمی، شکل پوزه و سر، و باله دمی (Pourgholami moghaddam, 2013) و رنگ پوست ماهی برای تشخیص و تفکیک دو گونه استفاده شد. در کفال طلایی، پوزه باریک نبوده و کوتاه است. سر از بالا و پهلو عریض بوده و تا حدودی مدور دیده می‌شود. در کفال پوزه باریک، پوزه باریک و تیز بوده، بطوریکه به همین خاطر این نام عمومی را (کفال پوزه باریک) بر روی آن نهاده‌اند. در این گونه سر عریض نبوده و از پهلو به نظر باریک و بلند دیده می شود. در کفال طلایی ساقه دمی گرد بوده و از نمای جانبی خیلی عریض نیست و در کفال پوزه باریک ساقه دمی دارای فشردگی پهلویی بوده و از نمای جانبی نیز عریض‌تر به چشم می‌خورد. در کفال طلایی بخش‌های باله دمی شکل حرف انگلیسی V را می‌سازد و در کفال پوزه باریک بخش‌های باله دمی شکل حرف انگلیسی U را می‌سازد.

برای تعین رابطه سن با طول و برآورد پارامترهای رشد، نمونه‌های این مطالعه در ابتدا از طریق مشخصات ظاهری و سپس جهت تائید نهایی از طریق زاوید پیلوریک تفکیک گونه شدند. بدین‌منظور نمونه‌ها جهت بررسی تشخیص گونه‌ای به آزمایشگاه منتقل شدند. با شکافتن محوطه شکمی و مشاهده اندازه زوائد پیلوریک اقدام به تشخیص گونه‌ای شد. زوائد پیلوریک در کفال طلایی تقریبا یک اندازه و همگن ولی در کفال پوزه باریک دارای طول‌های متفاوتند که ۳ تا از این زوائد بلندتر از بقیه هستند.

جهت تعیین سن ماهیان تعدادی فلس از ردیف دوم و سوم زیر باله پشتی اول (مابین خط جانبی و باله پشتی) جدا شده و در پاکت‌های بر چسبدار (حاوی اطلاعات) نگهداری شدند. سپس فلس‌های گرفته شده از نمونه‌ها ابتدا در پتری دیش‌های حاوی محلول ترکیب آب و مایع شوینده به مدت تقریبا ۲۴ ساعت نگهداری شد و سپس با آب برای حذف اپیدرم و هرگونه بافت اضافی در چندین نوبت شسته شد. پس از تمیز کردن به وسیله مایع شوینده و خشک کردن، تعدادی فلس بسته به اندازه آنها بین دولام قرار داده شدند و نهایت در زیر لوپ مورد بررسی قرار گرفته و خطوط سالانه رشد آن‌ها در دو مرحله و حداقل توسط دو نفر شمارش شد.

برای محاسبه رابطه طول چنگالی و وزن کل از معادله زیر استفاده شد (Ricker, 1975):

$$W = aL^b$$

که W وزن کل برحسب گرم، L طول چنگالی برحسب سانتی‌متر، a عرض از مبداء و b شیب خط می‌باشد.

در این مطالعه، مقدار طول بهینه صید با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Hordyk *et al*., 2015):

$$L_{opt} = L_{\infty}\frac{b}{b+\frac{M}{K}}$$

در روابط فوق L_{opt} طول بهینه‌ی صید، b شیب خط رگرسیون طول-وزن، L_{∞} طول بی‌نهایت، M مرگ ومیر طبیعی، K ضریب رشد سالانه می‌باشد.

برای برآورد پارامترهای رشد گونه‌های مدنظر براساس داده-های طول و سن از مدل رشد وان برتالنفی با روش حداقل مربعات غیرخطی استفاده شد. در این سناریو، مقدار L_0 برابر با عدد صفر یا برابر با طول در زمان تولد لحاظ می شود. در این مدل بجای سن در زمان صفر (t_0) از L_0 استفاده می شود. در مدل رشد وان برتالنفی به جای استفاده از t_0 (که معمولاً برای گونه‌های ماهی استخوانی استفاده می‌شود)، بهتر است از L_0 استفاده شود تا بتوان پارامترهای مدل‌های رقیب را به طور مستقیم مقایسه کرد. دلیل این را می‌توان در این نکته دانست که L_0 ممکن است به وضوح بیشتری نوع رشد یا ویژگی‌های دیگر موجودات را نشان دهد، که در مقایسه با t_0 کارآمدتر است (Smart *et*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

al., 2021). مدل رشد وان برتالنفی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$L_a = L_\infty - (L_\infty - L_0)e^{-ka}$$

در روابط فوق، L_a: طول در سن؛ L_0: طول در سن صفر؛ k: پارامتر رشد؛ L_∞: طول بی‌نهایت می‌باشد.

جهت مقایسه پارامترهای بدست آمده از روش حداقل مربعات غیرخطی، این پارامترهای رشد نیز با معادله روش فورد و والفورد برآورد شدند. در این روش برای بدست آوردن خط رگرسیونی از میانگین داده های طولی در هر سن استفاده شد. رابطه خطی معادله Ford (1933) و Walford (1946) برای برآورد ضرایب مدل وان برتالنفی به صورت زیر است:

$$L_{t+1} = a + bL_t$$

L_t و L_{t+1} به ترتیب اندازه طول ماهی در سن t و $t + 1$، a برابر با $L_\infty(1 - e^{-K})$ و b برابر با $b = e^{-K}$ می باشد. در نهایت طول بی نهایت (L_∞) و نرخ رشد (K) به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$L_\infty = \frac{a}{1-b} \qquad K = \ln(b)$$

در محاسبه طول بهینه صید نیاز به برآورد مرگ و میر طبیعی نیز می باشد. برای برآورد مرگ و میر طبیعی آبزیان فرمول‌های زیادی ارائه شده است (Kenchington, 2014؛ Then *et al*., 2015؛ Hamel and Cope, 2022؛ Maunder *et al*., 2023). برای همین دلیل، ضریب مرگ و میر طبیعی (M) گونه‌های مدنظر با چند فرمول (جدول ۱) محاسبه شد. در نهایت بخاطر عدم قطعیت در محاسبات از فرمول ترکیبی (میانگین وزنی و میانه برآوردها) استفاده شد. برای محاسبه میانگین وزنی مرگ و میر طبیعی، برای هر روش یک وزن بر اساس Cope and Hamel (2022) در نظر گرفته شد.

جدول ۱: فرمول‌های استفاده شده برای محاسبه مرگ و میر طبیعی

ردیف	منبع	ورودی	وزن
۱	Then *et al*., 2015	t_{max}	۰/۲۵
۲	Then *et al*., 2015	t_{max}	۰/۲۵
۳	Hamel and Cope, 2022	t_{max}	۰/۵
۴	Then *et al*., 2015	$L\infty$, k	۰/۵
۵	Hamel, 2015	k	۰/۲۵
۶	Jensen, 1996	k	۰/۲۵
۷	Pauly, 1980	$L\infty$, k, Temp	۰/۵
۸	Jensen, 1996	age at maturity	۰/۵
۹	Rikhter and Efanov, 1976	age at maturity	۰/۵
10	Lorenzen, 1996	wet weight	۱

در محاسبه مرگ و میر طبیعی، طول بی نهایت ($L\infty$) باید برحسب طول کل باشد.

طول بهینه صید برای هر گونه بر اساس دو سناریو محاسبه شد. در سناریوی اول برای محاسبه مرگ و میر طبیعی از پارامترهای رشد برآورد شده از روش فورد و والفورد و در سناریوی دوم برای محاسبه مرگ و میر طبیعی از پارامترهای رشد برآورد شده از روش حداقل مربعات غیر خطی استفاده شده است. در نهایت تاثیر مقادیر مختلف پارامترهای رشد ($L\infty$, k) و مرگ و میر طبیعی بر روی برآورد طول بهینه صید از طریق آنالیز حساسیت بررسی شد. آنالیز حساسیت می تواند عدم قطعیت داده های خروجی مدل را زمانی که داده های ورودی نوسان دارند، ارزیابی کند. جهت تبدیل طول چنگالی به طول کل، مقدار طول چنگالی کفال طلایی در ضریب ۱/۱۰۴ و کفال پوزه باریک در ضریب ۱/۰۸۲ ضرب شد (Daryanabard *et al*., 2009؛ Ghaninejad *et al*, 2012؛ Porfaraj *et al*., 2013؛ Kouhee *et al*., 2018). برای ترسیم اشکال، محاسبات و آنالیز داده‌ها از نرم افزارهای اکسل و R استفاده شد.

۳ | نتایج

ماهیان کفال طلایی در ۱۳ گروه سنی ۱ الی ۱۳ ساله قرار داشتند که کوچکترین ماهی با طول چنگالی ۱۳/۹ سانتی‌متر سنی برابر با ۱+ و بزرگترین ماهی با طول ۵۲ سانتی‌متر سنی برابر با ۱۲ داشت. اما بیشترین سن (۱۳ ساله) مربوط به دو ماهی با طول‌های ۴۵ و ۴۸ سانتی‌متر بود. دامنه سنی ماهیان کفال پوزه باریک ۰ تا ۷ ساله بود. بزرگترین ماهی کفال پوزه باریک تعیین سن شده طولی برابر با ۲۸/۸ سانتی‌متر (با ۷ سال سن) داشت

در رابطه طول چنگالی و وزن کل دو گونه کفال طلائی و کفال پوزه باریک، شیب خط رگرسیونی (b)، عرض از

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

مبداء (a) و ضـــریب تعیین (r^2) این رابطه برای کفال طلایی به ترتیب ۲/۸۱، ۰/۰۱۹۴ و ۰/۹۳۷۷ و برای کفال پوزه باریک به ترتیب ۳/۰۴، ۰/۰۰۹ و ۰/۸۹۸۲ برآورد شد (جدول ۲).

جدول ۲: برآورد پارامترهای طول و وزن دو گونه کفال پوزه باریک و کفال طلایی

کفال طلایی			کفال پوزه باریک		
حجم نمونه	$b \pm SE$	$a \pm SE$	حجم نمونه	$b \pm SE$	$a \pm SE$
۶۵۶	۲/۸۱ ± ۰/۰۲۸	۰/۰۱۹ ± ۰/۰۰۲	۵۲۲	۳/۰۴ ± ۰/۰۴۵	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۱

نتایج بدست آمده با دو روش فورد و والفورد و روش حداقل مربعات غیرخطی جهت برآورد پارامترهای رشد معادله وان برتالنفی در جدول ۲ ارائه شـــده اســـت. برآورد طول بی نهایت (L_∞) و نرخ رشـــد (K) با روش فورد و والفورد برای کفال پوزه باریک به ترتیب ۳۰/۷ ســـانتی‌متر و ۰/۲۵ در ســـال و برای کفال طلایی به ترتیب ۶۱/۳ ســـانتی‌متر و ۰/۱۱ در سال بدست آمد. همین پارامترها با روش حداقل مربعات غیرخطی برای کفال پوزه باریک ۲۵/۲ ســـانتی‌متر و ۰/۷۰ در ســـال و برای کفال طلایی ۴۷/۷ ســـانتی‌متر و ۰/۱۶ در سال برآورد شد.

جدول ۳: برآورد پارمترهای رشد معادله وان برتالنفی با دو روش فورد و والفرد و حداقل مربعات غیرخطی برای کفال طلایی و کفال پوزه باریک

پارامتر	روش فورد و والفرد				روش حداقل مربعات غیرخطی			
	کفال پوزه باریک		کفال طلایی		کفال پوزه باریک		کفال طلایی	
	چنگالی	کل	چنگالی	کل	چنگالی	کل	چنگالی	کل
طول بی‌نهایت	۳۰/۷	۳۳/۹	۶۱/۳	۶۶/۴	۲۵/۲	۲۷/۳	۴۷/۷	۵۲/۷
نرخ رشد	۰/۲۵		۰/۱۱		۰/۷		۰/۱۶	

در سناریوی ۱، مقدار ضریب مرگ و میر طبیعی برآورد شده با فرمول‌های مختلف از ۰/۴ تا ۰/۸۲۲ (با میانگین وزنی ۰/۶۲۵) در سال برای کفال پوزه باریک و از ۰/۱۷۶ تا ۰/۵۴۳ (با میانگین وزنی ۰/۳۹۱) در سال برای کفال طلایی متغیر بود. در سناریوی ۲، مقدار مرگ و میر طبیعی برای کفال پوزه باریک و طلایی به ترتیب در دامنه ۱/۲۳-۰/۶۳ (با میانگین وزنی ۰/۸۴۰) و ۰/۵۴۳-۰/۲۵۶ (با میانگین وزنی ۰/۴۲۱) بود (جداول ۴ و ۵). مقادیر طول بهینه صید کفال پوزه باریک از ۱۶/۳ تا ۲۲/۳ سانتی‌متر (با میانگین ۱۸/۶) در سناریوی ۱ و از ۱۷/۳ تا ۲۱/۱ سانتی‌متر (با میانگین ۱۹/۶) متغیر بود. طول بهینه صید کفال طلایی در سناریوی ۱ و ۲ به ترتیب در دامنه ۴۲/۳-۲۴/۱ سانتی‌متر (با میانگین ۲۹/۳) و ۳۳/۳-۲۳/۶ سانتیمتر (با میانگین ۲۶/۹) بود.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

جدول ۴: تاثیر سه پارامتر طول بی نهایت (L_∞)، نرخ رشد (K) و مرگ و میر طبیعی (M) بر برآورد طول بهینه صید کفال پوزه باریک (آنالیز حساسیت)

طول بهینه صید (L_{opt})	مرگ و میر طبیعی (M)	نرخ رشد (K)	طول بی‌نهایت (L_∞)	سناریو	طول بهینه صید (L_{opt})	مرگ و میر طبیعی (M)	نرخ رشد (K)	طول بی‌نهایت (L_∞)	سناریو
۱۹/۷	۰/۸۲۲	۰/۷۰	۲۷/۳		۱۶/۳	۰/۸۲۲	۰/۲۵	۳۳/۹	
۲۰/۰	۰/۷۸۰	۰/۷۰	۲۷/۳		۱۶/۷	۰/۷۸۰	۰/۲۵	۳۳/۹	
۲۰/۰	۰/۷۷۱	۰/۷۰	۲۷/۳		۱۶/۸	۰/۷۷۱	۰/۲۵	۳۳/۹	
۱۸/۲	۱/۰۶۴	۰/۷۰	۲۷/۳		۲۱/۰	۰/۴۶۷	۰/۲۵	۳۳/۹	
۱۷/۳	۱/۲۲۷	۰/۷۰	۲۷/۳		۲۱/۵	۰/۴۳۸	۰/۲۵	۳۳/۹	
۱۷/۹	۱/۱۲۰	۰/۷۰	۲۷/۳	ـ	۲۲/۲	۰/۴۰۰	۰/۲۵	۳۳/۹	ـ
۱۷/۹	۱/۱۲۰	۰/۷۰	۲۷/۳		۱۹/۸	۰/۵۳۸	۰/۲۵	۳۳/۹	
۲۰/۸	۰/۶۶۰	۰/۷۰	۲۷/۳		۱۸/۱	۰/۶۶۰	۰/۲۵	۳۳/۹	
۲۱/۱	۰/۶۲۶	۰/۷۰	۲۷/۳		۱۸/۶	۰/۶۲۶	۰/۲۵	۳۳/۹	
۲۰/۷	۰/۶۷۲	۰/۷۰	۲۷/۳		۱۸/۰	۰/۶۷۲	۰/۲۵	۳۳/۹	
۱۹/۶	**۰/۸۴۰**	۰/۷۰	۲۷/۳	میانگین	**۱۸/۶**	**۰/۶۲۵**	۰/۲۵	۳۳/۹	میانگین
۲۰/۰	**۰/۷۷۱**	۰/۷۰	۲۷/۳	میانه	**۱۸/۱**	**۰/۶۶۰**	۰/۲۵	۳۳/۹	میانه

طول بی نهایت بر حسب طول کل می‌باشد چون در فرمول‌های مرگ و میر طبیعی و فرمول طول بهینه صید محاسبات بر حسب طول کل می باشد. مقادیر مرگ و میر طبیعی به همان ترتیب ارائه شده در جدول ۱ می باشد.

جدول ۵: تاثیر سه پارامتر طول بی نهایت (L_∞)، نرخ رشد (K) و مرگ و میر طبیعی (M) بر برآورد طول بهینه صید کفال طلایی (آنالیز حساسیت)

طول بهینه صید (L_{opt})	مرگ و میر طبیعی (M)	نرخ رشد (K)	طول بی‌نهایت (L_∞)	سناریو	طول بهینه صید (L_{opt})	مرگ و میر طبیعی (M)	نرخ رشد (K)	طول بی‌نهایت (L_∞)	سناریو
۲۵/۶	۰/۶۶۴	۰/۱۶	۵۲/۷		۲۶/۵	۰/۶۶۴	۰/۱۱	۶۶/۴	
۲۷/۱	۰/۴۱۷	۰/۱۶	۵۲/۷		۲۸/۲	۰/۴۱۷	۰/۱۱	۶۶/۴	
۲۷/۱	۰/۴۱۵	۰/۱۶	۵۲/۷		۲۸/۳	۰/۴۱۵	۰/۱۱	۶۶/۴	
۳۱/۷	۰/۲۹۲	۰/۱۶	۵۲/۷		۳۹/۹	۰/۲۰۵	۰/۱۱	۶۶/۴	
۳۲/۲	۰/۲۸۰	۰/۱۶	۵۲/۷		۴۰/۹	۰/۱۹۳	۰/۱۱	۶۶/۴	
۳۳/۳	۰/۲۵۶	۰/۱۶	۵۲/۷	ـ	۴۲/۳	۰/۱۷۶	۰/۱۱	۶۶/۴	ـ
۲۹/۲	۰/۳۵۵	۰/۱۶	۵۲/۷		۳۶/۱	۰/۲۶۰	۰/۱۱	۶۶/۴	
۲۵/۵	۰/۴۷۱	۰/۱۶	۵۲/۷		۲۶/۳	۰/۴۷۱	۰/۱۱	۶۶/۴	
۲۵/۹	۰/۴۵۷	۰/۱۶	۵۲/۷		۲۶/۸	۰/۴۵۷	۰/۱۱	۶۶/۴	
۲۳/۶	۰/۵۴۳	۰/۱۶	۵۲/۷		۲۴/۱	۰/۵۴۳	۰/۱۱	۶۶/۴	
۲۶/۹	**۰/۴۲۱**	۰/۱۶	۵۲/۷	میانگین	**۲۹/۳**	**۰/۳۹۱**	۰/۱۱	۶۶/۴	میانگین
۲۵/۹	**۰/۴۵۷**	۰/۱۶	۵۲/۷	میانه	**۲۶/۸**	**۰/۴۵۷**	۰/۱۱	۶۶/۴	میانه

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعات گذشته شیب خط رابطه طول-وزن برای کفال طلایی دریای کاسپین در دامنه ۳/۰-۲/۷ (با میانگین ۲/۸ ± ۰/۰۹) (Abdolmalaki, 2014؛ Pourgholami moghaddam, 2013؛ Daryanabard *et al*., 2009؛ Fazli *et al*., 2019؛ Fazli *et al*., 2011؛ Fazli *et al*., 2021؛ Ghaninejad *et al*, 2012؛ Hajivand *et al*., 2017؛ Ghaninejad *et al*., 2009؛ Mofidi *et al*., 2020؛ Hajiradkouchak *et al*., 2022) و برای کفال پوزه باریک دریای کاسپین در دامنه ۳/۰۶-۲/۹۴ (با میانگین ۰/۰۹ ± ۳/۰) (Irani, 2001؛ Fazli, 2020) گزارش شده است. با توجه با نتایج بد ست آمده مقدار b رابطه طول- وزن کفال پوزه باریک تقریبا ۰/۲۳ بیشتر از مقدار آن برای کفال طلایی است که در اکثر مطالعات قبلی چنین الگویی برقرار است. در آبهای ایرانی دریای کاسپین ، حداکثر سن گزارش شده در مطالعات قبلی برای کفال طلایی ۱۰ ساله (Porfaraj *et al*., 2013؛ Ghaninejad, 2010) با حداکثر طول ۵۲-۴۵ سانتی‌متر، ۱۱ ساله (Fazli, 2018b؛ Fazli *et al*., 2019؛ Fazli et al., 2021؛

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

Hajiradkouchak *et al*., 2022؛ Fazli *et al*., 2008؛ Ghaninejad, 2011) با حداکثر طول ۶۲/۶-۳۹/۰ سانتی‌متر، ۱۲ ساله (Irani, 2001؛ Daryanabard *et al*., 2009؛ Daryanabard *et al*., 2020) با حداکثر طول ۶۰-۵۲ سانتی‌متر و با ۱۳ ساله (Hajivand *et al*., 2017؛ Abdolmalaki, 2014؛ Pourgholami moghaddam, 2013) با حداکثر طول ۵۸/۳-۵۴ سانتی‌متر می‌باشد. حداکثر سن گزارش شده این گونه در آبهای مدیترانه یونان ۸ سال (با طول کل ۵۹ سانتیمتر) (Hotos, 2003؛ Hotos and Katelis, 2011)، در آبهای مدیترانه ترکیه ۱۰ سال (با طول کل ۴۶/۸) ثبت کردند.

در یک پژوهش اخیر، حداکثر سن ماهی کفال طلایی در منطقه مورد مطالعه ۱۸ سال با طول چنگالی ۵۹/۵ سانتیمتر گزارش شده است (Hajiradkouchak *et al*., 2024). این سن ثبت شده به طور قابل توجهی بالاتر از مقادیر ارائه شده در مطالعات پیشین داخلی است. برای مثال، در تحقیقات گذشته، حداکثر سن ماهیان با طولهای چنگالی ۵۸/۳، ۶۰/۰ و ۶۲/۶ سانتیمتر به ترتیب ۱۳، ۱۲ و ۱۱ سال برآورد شده بود. مقایسه این داده‌ها نشان میدهد اختلاف سنی بین یافته‌های جدید (۱۸ سال) و مطالعات پیشین به ۵ تا ۷ سال میرسد. نویسندگان مطالعه اخیر (Hajiradkouchak *et al*., 2024)، این ناهمخوانی را به تفاوت در ویژگی‌های زیستی جمعیتها ازجمله طول عمر، سن بلوغ جنسی و سن بازگشت همزادان به محل تولد مرتبط دانسته‌اند. با این حال، این تبیین با برخی شواهد موجود در تضاد است؛ به ویژه آنکه در همین منطقه جغرافیایی، نمونه‌هایی با طول چنگالی ۶۲/۶ سانتیمتر تنها ۱۱ سال سن داشته‌اند. چنین تناقضاتی لزوم بازنگری در روشهای تخمین سن و به کارگیری رویکرد های چند جانبه (مانند تحلیل ایزوتوپ‌های پایدار، روشهای مولکولی و بررسی همزمان چندین ساختار سخت) را آشکار می سازد. برای صحت سنجی، کاهش خطا و افزایش دقت در مطالعات آتی، پیشنهاد می شود تعیین سن ماهیان کفال با طول بیش از ۵۰ سانتیمتر با استفاده از چندین ساختار سخت (مانند فلس، اتولیت، سرپوش آبششی، مهرهها، خارهای باله یا شعاعهای باله) و توسط چند کارشناس مجرب به صورت مستقل انجام شود. این رویکرد چندمرحله‌ای می‌تواند به رفع ابهامات کنونی و دستیابی به برآوردهای واقعبینانه‌تر از طول عمر این گونه کمک کند.

برای کفال پوزه باریک ۶ ساله (Fazli, 2018b؛ Aminian fatideh *et al*., 2017؛ Parafkandeh *et al*., 2017) با حداکثر طول ۴۰/۰-۳۴/۲ سانتی‌متر، ۷ ساله (Porfaraj *et al*. (2013) با حداکثر طول ۳۰/۳ سانتی‌متر و یا ۸ ساله (Irani, 2001) با حداکثر طول ۲۹ سانتی‌متر بوده است. نکته قابل توجه‌ای که در مطالعات وجود دارد این است که حداکثر سن‌های برآورد شده با حداکثر طول‌های خیلی متفاوت است.

در تمام منابع ذکر شده در جدول ۶، برای برای برآورد پارامترهای رشد مدل وان برتالنفی از روش‌های حداکثر طول، پلات فورد-والفورد، حداقل مربعات غیرخطی و فایست استفاده کردند. در مطالعات گذشته انجام شده (جدول ۶) در آب‌های ایران در دریای کاسپین، مقدار طول بی نهایت و نرخ رشد کفال طلایی به ترتیب از ۴۸/۸ تا ۶۵/۳ سانتی‌متر طول چنگالی و از ۰/۱۲ تا ۰/۳۴ متغیر بوده است. این اختلافات در برآورد طول بی‌نهایت در کنار خیلی از عوامل تاثیرگذار می‌تواند ناشی از روش مورد استفاده برای برآورد پارامترهای رشد، دامنه طولی و سنی مورد استفاده و منطقه و زمان مورد مطالعه باشد. در مطالعه حاضر مقدار طول بی نهایت برآورده شده با روش فورد و والفورد با اکثر نتایج قبلی مشابه یا خیلی نزدیک بود و مقدار برآورد شده با حداقل مربعات غیرخطی کمتر از برآوردهای مطالعات قبلی بود.

در مطالعات قبلی که از حداقل مربعات غیرخطی برای برآورد پارامترهای رشد استفاده کردند، برای برازش مدل وان برتالنفی از میانگین طول در هر گروه سنی استفاده کردند. در روش فورد و والفورد نیز برای برآورد پارامترهای رشد از میانگین داده های طولی در هر گروه سنی استفاده می‌شود. به دلیل استفاده از میانگین‌ها، اطلاعات درباره تغییرات بین نمونه‌های مختلف از دست می‌رود و ممکن است منجر به برآوردهای نادرست پارامترها شود. اما در مطالعه حاضر در روش حداقل مربعات غیرخطی از تمام داده‌های طولی موجود برای تخمین پارامترها استفاده شده است، بدون اینکه میانگینی از داده‌ها در هر گروه سنی محاسبه شود. این به معنای این است که هر

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

نقطه داده‌ای در فرآیند برآورد تأثیر می‌گذارد. بنابراین، به دلیل استفاده از کل داده‌ها، حساسیت کمتری به ناهنجاری‌های مربوط به میانگین‌گیری دارد. همچنین روش فورد و والفورد مبتنی بر تبدیل معادله وان برتالنفی به یک فرم خطی است. روش فورد-والفورد به دلیل خطی‌سازی معادله، ممکن است دقت کمتری داشته باشد. خطی‌سازی می‌تواند باعث ایجاد خطا در تخمین پارامترها شود، به خصوص اگر داده‌ها به خوبی با فرض‌های خطی‌سازی مطابقت نداشته باشند. به طور کلی، روش حداقل مربعات غیرخطی NLS به دلیل استفاده مستقیم از تمام داده‌ها و عدم نیاز به خطی‌سازی معادله، دقیق‌تر در نظر گرفته می‌شود. این روش می‌تواند بهترین برازش را با داده‌ها ارائه دهد، به خصوص اگر داده‌ها دارای پراکندگی زیادی باشند یا رابطه غیرخطی پیچیده‌ای وجود داشته باشد.

با بررسی منابع قابل دسترس، فقط یک مطالعه یافت شد که مقدار طول بی‌نهایت کفال پوزه باریک در یای کاسپین را با روش فایست برابر با ۴۰/۱ سانتی‌متر برآورد کردند (Porfaraj *et al*., 2013). مقدار برآورد شده در مطالعه حاضر با دو روش فورد و والفور و حداقل مربعات غیرخطی به ترتیب برابر با ۳۰/۷ و ۲۵/۲ سانتی‌متر بوده است که از مقدار برآورد شده مطالعه قبلی بطور معنی داری کمتر است. شاید از دلایل اصلی این اختلاف روش مورد استفاده برای برآورد و رنج طولی و سنی مورد استفاده باشد.

جدول ۶- مقادیر پارامترهای رشد (طول بی نهایت و آهنگ رشد) کفال طلایی در مطالعات گذشته

رفرنس	آهنگ رشد (در سال)	طول بی‌نهایت (سانتی‌متر)
Porfaraj *et al*., 2013	۰/۱۳	۵۴/۷
Pourgholami moghaddam, 2013	۰/۱۶	۵۷/۴
Fazli *et al*., 2008	۰/۱۵	۶۲/۷
Abdolmalaki, 2014	۰/۱۲	۵۹/۲۴
Hajivand *et al*., 2017	۰/۱۳	۵۴/۳۳
Fazli, 2018b	۰/۱۶	۶۴/۳
Mofidi *et al*., 2020	۰/۳۴	۵۴/۰۸
Fazli et al., 2020	۰/۱۵	۶۵/۳
Fazli *et al*., 2021	۰/۱۷	۶۲/۰
Hajiradkouchak *et al*., 2022	۰/۱۸	۴۸/۸
Hajiradkouchak *et al*., 2024	۰/۱۰۱	۶۸/۷۱
مطالعه حاضر	۰/۱۱	۶۱/۳
مطالعه حاضر	۰/۱۶	۴۷/۷

در تمام مطالعات قبلی از بجز Mofidi et al., 2020 (با روش حداکثر طول - شفرد)، Hajiradkouchak *et al*., 2022 (با روش فورد و الفورد) و Porfaraj *et al*., 2013 (با روش فایست) از روش حداقل مربعات غیرخطی استفاده شده است.

در مطالعات گذشته مقدار ضریب مرگ و میر طبیعی برای کفال طلایی ۰/۳۵-۰/۱۸۲ در سال با استفاده از فرمول ژانگ و مگری (Zhang and Megrey, 2006)، ۰/۳۵-۰/۲۴ (Fazli *et al*., 2008؛ Hajivand et al., 2017؛ Fazli *et al*., 2019) با استفاده از فرمول پائولی (Fazli, 2018b؛ Fazli *et al*., 2020؛ Fazli *et al*., 2021) و ۰/۲۴-۰/۱۸ با استفاده از فرمول Jensen-G (Abdolmalaki, 2014؛ Pourgholami moghaddam, 2013) و برای کفال پوزه باریک ۰/۶۳-۰/۵۶ در سال با استفاده از فرمول پائولی محاسبه کردند. مقادیر گزارش شده برای کفال پوزه باریک کمتر از مقادیر محاسبه شده در مطالعه حاضر بود. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که فرمول مورد استفاده می‌تواند تاثیر زیادی بر محاسبه ضریب مرگ و میر طبیعی داشته باشد. نرخ مرگ و میر طبیعی جمعیت‌های ماهی یکی از مهم‌ترین پارامترها در پویایی جمعیت و مدل‌های ارزیابی ذخایر است. متأسفانه، این پارامتر یکی از دشوارترین پارامترها برای برآورد نیز به شمار می‌رود. برآوردهای مستقیم از M (مثلاً از مطالعات تگ گذاری) معمولاً برای اکثر ذخایر ماهی به راحتی قابل دستیابی نیستند. روش‌های متعددی برای به‌دست آوردن برآوردهایی از M با استفاده از سایر پارامترهای تاریخچه زندگی که به‌طور معمول در دسترس هستند، توسعه یافته است. مقدار M تاثیر زیادی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

بر تعیین نقاط مرجع مدیریتی من جمله طول بهینه صید در مدیریت صید دارد. اگر M به درستی برآورد نشود، تصمیمات مدیریتی ممکن است نادرست باشند و منجر به کاهش یا انقراض ذخایر شود. در این مطالعه برای برآورد مرگ و میر طبیعی از ابزار Natural Mortality Tool – NMT استفاده شد (Cope and Hamel, 2022). امکان مقایسه و ترکیب روشهای مختلف برآورد M در این ابزار به درک درک بهتر عدم قطعیت موجود در برآوردها کمک می‌کند. علاوه بر این، این ابزار به کاربران اجازه می‌دهد وزن‌دهی به روش‌های مختلف برآورد M انجام دهند و توزیع‌های احتمالی برای M تولید کنند.

در پژوهش حاضر، اختلاف محاسبات طول بهینه صید برای کفال طلایی در دو سناریوی ۱ و ۲ به ترتیب ۱۸/۲ و ۹/۷ سانتی‌متر و برای کفال پوزه باریک در این دو سناریو به ترتیب ۵/۹ و ۳/۸ سانتی‌متر بود. این نتایج حاکی از تاثیر پارامترهای رشد (طول بی‌نهایت و نرخ رشد) و مرگ و میر طبیعی بر برآورد طول بهینه صید می باشد. به همین خاطر در این مطالعه پیشنهاد می شود برای کاهش عدم قطعیت در برآورد طول بهینه صید، مرگ و میر طبیعی با استفاده از NMT و پارامترهای رشد با روش حداقل مربعات غیر خطی با لحاظ کردن تمام داده ها و استفاده L_0 برآورد شوند. در مطالعه حاضر با لحاظ کردن میانگین و میانه مرگ و میر طبیعی، اختلاف طول بهنیه صید برآوردی در دو سناریو عدد ۰/۵ سانتی‌متر بود. اما در مورد کفال طلایی، این اختلاف در دو سناریوی ۱ و ۲ به ترتیب ۲/۵ و ۱/۱ سانتی‌متر بود. پیشنهاد نهایی این مطالعه برای استفاده در مدیریت صید پایدار و تدوین قوانین صید، طول بهینه صید کفال پوزه باریک و طلایی به ترتیب ۲۰ و ۲۶ سانتی‌متر طول کل می باشد. مقدار برآورد شده طول بهینه صید کفال پوزه باریک در مطالعه Fazli *et al*. (2013) برابر با ۳۳/۵ سانتی‌متر طول کل که عدد غیرمنطقی برای این گونه می باشد و اختلاف با مطالعه حاضر ۱۳/۵ سانتی‌متر است. اختلاف مقادیر طول بهینه صید گزارش شده برای کفال طلایی با مطالعه حاضر از ۱۳ تا ۱۵/۵ سانتی‌متر بوده است. نتیجه گیری کلی این مطالعه حاضر این است که پارامترهای رشد و مرگ و میر طبیعی بر طول بهینه صید تاثیرگذارند. برای کاهش عدم قطعیت، استفاده از روش NMTبرای مرگ و میر طبیعی و روش حداقل مربعات غیر خطی با کلیه داده‌ها برای پارامترهای رشد پیشنهاد شد. طول بهینه صید پیشنهادی برای کفال پوزه باریک ۲۰ و برای کفال طلایی ۲۶ سانتی‌متر تعیین گردید که با مطالعات قبلی تفاوت قابل توجهی دارد.

۶| ملاحظات اخلاقی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

EFERENCES

Abbasi Ranjbar K., Moradi M., Bagheri S, Zahmatkesh Y., Sarpanah A., Vesaghi M.J., Mohammadidost R., Madadi F., Askarinejad H. 2023. Abundance of fishes caught by beach seine 6 mm in the Coasts of Talesh, Anzali, Kiashahr and Chaboksar (Guilan Province). JAIR 2023; 11(2):1-10.

Abdolmalaki S. 2014. Survey on stocks of Caspian Sea mullets (*Liza aurata*; *Liza saliens*) in Iranian coastal waters of the Caspian Sea. Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 71 p.

Achmad D.S., Sudirman, Jompa J, Nurdin M.S. 2020. Estimating the catchable size of orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) in Kwandang Bay, Gorontalo Utara District, Indonesia. Environ Earth Sci 473:012133.

Aminian fatideh B., Bahmani Z.A., Kolbadi Nejad A. 2017. Study of Some Biological Indices of Narrow Snout Mullet (*Liza saliens*) in Mian-Kaleh Caspian Sea. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 6(2): 1-9.

Beverton R.J.H. 1992. Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. J. Fish Biol., 41 (B): 137-160.

Cope J.M., Hamel O.S. 2022. Upgrading from M version 0.2: An application-based method for practical estimation, evaluation and uncertainty characterization of natural mortality. Fisheries Research 256: 106493. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106493.

Daryanabard Gh.R. 2013. Survey on biological indicators of bony fish in coastal waters of the Caspian Sea. Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 130 p.

Daryanabard Gh.R. 2020. Survey on reproduction characteristics of whitefish and mullet fishes in Iranian coastal waters of the Caspian Sea. Final report of research

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

2011). Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 2(1): 55-68.

Fazli, H., Ghaninejad, d., Janbaz, A.A., Daryanabard, R. 2008. Population ecology parameters and biomass of golden grey mullet (*Liza aurata*) in Iranian waters of the Caspian Sea. Fisheries Research. 93: 222–228.

Froese R., Binohlan C. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. Journal of Fish Biology, 56: 758–773.

Froese R., Winker H., Gascuel D., Sumaila U.R., Pauly, D. 2016. Minimizing the impact of fishing. Fish and Fisheries 17(3): 785–802. https:// doi.org/10.1111/faf.12146.

Ghadirnejad, H. 1996. Population Dynamics Grey mullet Species in the southern Caspian Sea. University of Wales Swansea. Ph.D. thesis. 207 Pp. (In Persian).

Ghaninejad D. 2009. Study of some biological characteristics of golden grey mullet (*Liza aurata*) in Iranian Coastal waters of the Caspian Sea. Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 56 p.

Ghaninejad D. 2011. Maturity Stages, Gonado-Somatic Index (GSI) and Fecundity of Leaping Grey Mullet, *Liza saliens* (Risso, 1810) in the Western Part of Iranian Waters of the Caspian Sea (Guilan Province, Iran). Asian Fisheries Science. 24: 115-124.

Ghaninejad D., Abdolmalaki S., Kuliyev Z.M. 2010. Reproductive biology of the golden grey mullet, *Liza aurata* in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 9(3): 402-411.

Ghaninejad D., Parafkandeh F., Abdolmalaki S., Nahrvar R., Khedmati k., Rastin R., Nikpour M. 2012. Morphometric and meristic characteristics of the golden grey mullet in the southern basin of the Caspian Sea.

Hajiradkouchak E., Patimar R., Raeisi H., Fazli H., Gholizadeh M. 2022. Some parameters of golden mullet Chelon auratus (Risso, 1810) population under exploitation in the southeast Caspian Sea - Golestan Province. Journal of Marine Biology, 14 (54) :73-84

project. Iranian Fisheries Research Organization. 82 p.

Daryanabard Gh.R., Shabani A., Kaymaram F., Gorgin S. 2009. Reproduction and maturity of golden grey mullet (*Liza aurata* Risso, 1810) in Iranian waters of the Caspian Sea. J. Agric. Sci. Natur. Resour., 16(2): 1-13.

Fazli H. 2000. Study on Some Biological Characteristics of *Liza saliens* in the Southern Part of the Caspian Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 8(4): 29-42.

Fazli H. 2011. stock assessment of bony fishes in Iranian waters of the Caspian Sea. Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 97 p.

Fazli H. 2018a. Population dynamic, stock assessment and management of bony fishes in Iranian waters of the Caspian Sea (2015-2017). Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 82 p.

Fazli H. 2018b. Stock assessment of Caspian mullets in the Iranian waters of the Caspian Sea (2015-2017). Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 85 p.

Fazli H. 2019. Survey on biological parameters and stocks assessment of Caspian mullets in Iranian coastal waters of the Caspian Sea (2017-18). Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 49 p.

Fazli H. 2020. Population dynamic, stock assessment and management of bony fishes in Iranian waters of the Caspian Sea (2017-2018). Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 51 p.

Fazli H. 2021. Stock assessment and fishing status of bony fish in the Southern Caspian Sea (2019-2020). Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 87 p.

Fazli H., Daryanabard Gh.R. 2012. Qualitative Assessment of Golden Gray Mullet Stocks (*Liza aurata* Risso, 1810) in the Caspian Sea (1991-2011). Journal of Fisheries, Iranian of Natural Resources, 65(3): 307-315.

Fazli H., Daryanabard Gh.R., Abdolmaleki Sh., Bandani Gh.A. 2013. Stock status assessment of sharpnose mullet (*Liza saliens*) by using overfishing indicators in southern part of the Caspian Sea (1991-

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

Mofidi A, Ghorbani R, Aliakbarian A, Yahyaei M, Mollaei M. 2020. Study of some dynamic characteristics and catching status golden grey mullet, Chelon auratus (Risso, 1810), case study: south-east of Caspian Sea (Golestan Province). Isfj, 29 (5) :149-160.

Parafkandeh., F. Shayanfar E., Jamili S., Fazli H. 2017. Study of growth ring formation in scales of mullet *Liza saliens* in the Caspian Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 16(2): 469-476.

Pauly D. 1980. On the interrelationship between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. Int. Explor. Mer. 39, 175–192.

Porfaraj V., Karami M., Nezami Sh.A., Rafiee Gh.R., Khara H., Hamidoghli A. 2013. Study of some biological features of Mullets in Iranian coasts of the Caspian sea. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 2(1): 97-110.

Pourgholami moghaddam A. 2013. Survey on stocks of Caspian Sea mullets (*Liza aurata*; *Liza saliens*) in coastal waters of the Caspian Sea. Final report of research project. Iranian Fisheries Research Organization. 59 p.

Rezaee Shirazi, A. 2024. Study on the efficiency of the beach seine net cod end with the existing mesh size (30 and 33) on catching fish mullet (narrownose and golden grey mullet) using cover in the Miankale region of Golestan province. Ph.D. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.

Rikhter V.A., Efanov V.N. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Research Document 76/VI/8, Serial No. 3777.

Sadovy Y.J. 1996. Reproduction of reef fishery species reef fisheries ed NVC Polunin. Springer Science+Business Media, Dordrecht, pp 15–59.

Smart JJ, Grammer GL (2021) Modernising fish and shark growth curves with Bayesian length-at-age models. PLoS ONE 16(2): e0246734. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0246734

Then A.Y., Hoenig J.M., Hall N.G., Hewitt D A. 2015. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on

Hajivand S, Sattari M, Sajjadi M M, Abdolmaleki S. 2017. Age structure, growth and mortality index of golden grey mullet *liza aurata* (Rissa,1810) in the Southwestern of the Caspian Sea (Guilan province). JAIR, 4 (4) :41-54.

Hamel O.S. 2015. A method for calculating a meta-analytical prior for the natural mortality rate using multiple life history correlates. ICES J. Mar Sci. 72, 62–69.

Hamel O.S., Cope J.M. 2022. Development and considerations for application of a longevity-based prior for the natural mortality rate. Fish. Res. 256, 106477. https:// doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106477.

Hordyk A.R., Ono K. Sainsbury, K. K., Loneragan, N. R., & Prince, J. D. 2015. Some exploration of the life history ratios to describe length composition, spawning-per-recruit, and the spawning potential ratio. ICES Journal of Marine Science, 72(1), 204–216. https://doi.org/10.1093/icesjms/fst235.

Irani, A.J. 2001. Investigation of age, growth and maturity of Mullets in the Gomishan Wetland. MSc. thesis. Iran: Gorgan University.

Jensen A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53, 820–822.

Kenchington T.J. 2014. Natural mortality estimators for information-limited fisheries. Fish. Fish. 15, 533– 1497 562.

Kouhee S, Alavi-Yeganeh M, Ghasemzadeh J. 2018. Molecular and Morphological Comparison of Two Species of Mugilidae in Southern Coast of The Caspian Sea; Golden grey mullet (*Liza aurata*; Risso,1810) and leaping mullet (*Liza saliens*; Risso,1810). JFST, 7 (3) :231-237.

Lorenzen K. 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: 1530 a comparison of natural ecosystems and aquaculture. J. Fish. Biol. 49, 627–647.

Maunder M.N., Hamel O.S., Lee H-H., Piner K.R., Cope J.M., Punt A.E., Ianelli J.M., Castillo-Jordán C., Kapur M.S., Methot R.D. 2023. A review of estimation methods for natural mortality and their performance in the context of fishery stock assessment. Fish Res; 257:106489. https: //doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106489.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

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.

over 200 fish species. ICES J. Mar. Sci. 72, 82–92.

Thong, L.H. 1969. Contribution a l'e´ tude de la biologie des Mugilides (Poissons, Teleoste´ ens) des cotes du Massif Armoricain. Trav. Fac. Sci. Rennes Oceanogr. Biol. 2: 55–136.

نحوه استناد به‌مقاله:

رضاقلی‌پور آ.، زارع پ.، قربانی ر.، رضائی شیرازی ع. بررسی عدم قطعیت در برآورد پارامترهای رشد و مرگ و میر طبیعی و آنالیز حساسیت در برآورد طول بهینه صید دو گونه کفال طلایی (*Chelon auratus*) و کفال پوزه باریک (*Chelon saliens*) نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی‌دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۳. ۱۲(۴): ۱۲-۱.

Rezagholipur A., Zare P., Ghorbani, R., Rezai Shirazi A. Investigating uncertainty in the estimation of growth and natural mortality parameters and sensitivity analysis for optimal catch length estimation of two Species, leaping mullet (*Chelon saliens*) and golden grey mullet (*Chelon auratus*). Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2024, 12(4): 01-12.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41] [Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Journal of Applied Ichthyological Research Vol. 12, No 4, 01-12
Print ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir

Investigating uncertainty in the estimation of growth and natural mortality parameters and sensitivity analysis for optimal catch length estimation of two Species, leaping mullet (*Chelon saliens*) and golden grey mullet (*Chelon auratus*)

Rezagholipur A[1]., Zare P[1*]., Ghorbani, R[1]., Rezai Shirazi A[2].

[1]Fishing and Exploitation Department, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2]Ramin Fishing Landing, General Directorate of Fisheries of Golestan, Iran Fisheries Organization, Gorgan, Iran

Type:
Original Research Paper

Paper History:

Received: 05-03-2025
Accepted: 19-05- 2025

Corresponding author:

Zare P. Fishing and Exploitation Department, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Email: parvizzare58@yahoo.com

Abstract

The aim of the present study is to estimate the optimal catch length for two mullet species, namely the leaping mullet (*Chelon saliens*) and the golden grey mullet (*Chelon auratus*), while considering uncertainty and sensitivity analysis. To record length, weight, and age data, 50 and 32 specimens of these two species were collected respectively from seining catches along the Golestan coasts during the period from October 2022 and April 2023. The parameters of infinite length (L_∞) and growth rate (k) were estimated using two methods: Ford-Walford and nonlinear least squares, while the natural mortality rate (M) was calculated using ten different approaches. The optimal catch length (L_{opt}) for the two fish species was estimated under two scenarios: (1) calculating natural mortality from growth parameters estimated by the Ford-Walford method, and (2) calculating natural mortality from growth parameters estimated by the nonlinear least squares method. The age composition ranged from 0 to 7 years (with a fork length range of 13.8-28.8 cm) for the leaping mullet and 1 to 13 years (with a fork length range of 13.9-52.0 cm) for the golden grey mullet. The length-weight relationship analysis revealed slope values (b) of 2.81 for the golden grey mullet and 3.04 for the leaping mullet. Using the Ford-Walford method, the asymptotic fork length ($L\infty$) and growth rate (K) were estimated at 30.7 cm and 0.25 year^{-1} for the leaping mullet, and 61.3 cm and 0.11 year^{-1} for the golden grey mullet, respectively. Nonlinear least squares analysis yielded $L\infty$ and K values of 25.2 cm and 0.25 year^{-1} for the leaping mullet and 47.7 cm and 0.16 year^{-1} for the golden grey mullet. These same parameters estimated by the nonlinear least squares method for the leaping mullet were 25.2 cm fork length and 0.25 per year, and for the golden grey mullet, they were 47.7 cm fork length and 0.16 per year. The range of estimated natural mortality rates varied from 0.176 to 0.543 for the golden grey mullet and from 0.4 to 1.23 for the leaping mullet. The optimal catch length for the leaping mullet varied between 16.3–22.3 cm (mean: 18.6 cm) in Scenario 1 and 17.3–21.1 cm (mean: 19.6 cm) in Scenario 2. For the golden grey mullet, optimal lengths ranged from 24.1–42.3 cm (mean: 29.3 cm) in Scenario 1 and 23.6–33.3 cm (mean: 26.9 cm) in Scenario 2. The differences in optimal catch length calculations between Scenarios 1 and 2 were 18.2 cm and 9.7 cm for the golden grey mullet and 5.9 cm and 3.8 cm for the leaping mullet, respectively. These results indicate the significant impact of growth parameters and natural mortality on the estimation of optimal catch length. The final recommendation of this study for sustainable fishing management and the formulation of related regulations is to set the optimal catch lengths for the leaping mullet and golden grey mullet at 20 cm and 26 cm, respectively.

Keywords: Uncertainty, Growth, Natural mortality, Sensitivity analysis, Optimal catch length, Mullet

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.22034/jair.12.4.41]