Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Assessing the exploitation status of the Caspian roach (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) in the southeast coast of the Caspian Sea using LBB model

Parviz Zare[*1], Gholamali Bandani[2], Zeinab Ansari[3]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Aquatic Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: pzare@gau.ac.ir
2. Retired Research Assistant Prof., Inland Waters Aquatics Resources Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. E-mail: banda_gh@yahoo.com
3. Ph.D. of Marine Biology, Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia. E-mail: zeinab6228@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 08.18.2022
Revised: 10.16.2022
Accepted: 10.21.2022

Keywords:
Caspian roach,
Data-limited fishery,
Exploitation status,
Fish stock conservation,
LBB model

ABSTRACT

The present study has done to evaluating the exploitation status and estimating the reference points of the Caspian roach in the southeast coast of the Caspian Sea in four time periods 2009-2011, 2012-2014, 2015-2017 and 2018-2020 using the LBB model. The relative biomass (B/B0) values for the species in four time periods were calculated as 0.32, 0.14, 0.04 and 0.13, respectively, which indicated that the lowest and highest depletion rate are 68 and 96%, which are related to the first and third time periods, respectively. The ratio of fishing mortality to natural mortality (F/M) varied from 1.16 in the period of 2009-2011 to 8.79 in the period of 2015-2017. The ratios of M/K, F/K and Z/K obtained from the data of the entire sampling period were estimated as 1.44, 3.94 and 5.38, respectively. In different periods of time, the values of these indices fluctuated so that the highest value of M/K and the other two indices corresponded to the first and third periods, respectively. According to indicator B/Bmsy, the Caspian roach stock in the period of 2015-2017 was in a collapsed status and in other years it was grossly exploited. Therefore, the results of the model show that the amount of harvesting is now more than the maximum sustainable yield (MSY) and the stock is severely decreasing and in a critical state. The values of F/M and B/B0 also confirmed the greatl overfished status. In general, the results of the LBB model confirm that the fishing resources of the Caspian roach in the coastal waters of the South Caspian Sea have greatly decreased and are in danger of extinction, and it is necessary to provide more effective and strict management measures to recovery/rebulding the abundance of the Caspian roach stock and save/conserve its stock.

Cite this article: Zare, Parviz, Bandani, Gholamali, Ansari, Zeinab. 2023. Assessing the exploitation status of the Caspian roach (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) in the southeast coast of the Caspian Sea using LBB model. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (1), 87-97.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20523.1699
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳۴۵-۴۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۴۲۸۸

ارزیابی وضعیت بهره‌برداری ماهی کلمه خزری (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) در سواحل جنوب شرقی دریای خزر با مدل LBB

پرویز زارع*[۱]، غلامعلی بندانی[۲]، زینب انصاری[۳]

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: pzare@gau.ac.ir

۲. استادیار پژوهشی بازنشسته مرکز تحقیقات آبزیان آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: banda_gh@yahoo.com

۳. دکتری زیست‌شناسی دریا، دانشگاه فنی دولتی کالینینگراد، کالینینگراد، روسیه. رایانامه: zeinab6228@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۹

واژه‌های کلیدی:
حفظ ذخیره ماهی،
داده‌های محدود،
کلمه خزری،
مدل LBB،
وضعیت بهره‌برداری

چکیده

پژوهش حاضر با استفاده از مدل LBB به ارزیابی وضعیت بهره‌برداری و برآورد نقاط مرجع شیلاتی گونه ماهی کلمه در سواحل جنوب شرقی دریای خزر در چهار دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۸، ۱۳۹۳-۱۳۹۱، ۱۳۹۶-۱۳۹۴ و ۱۳۹۹-۱۳۹۷ پرداخته است. مقادیر بیومس نسبی (B/B_0) در چهار دوره زمانی مذکور به ترتیب ۰/۳۲، ۰/۱۴، ۰/۰۴ و ۰/۱۳ محاسبه شد که نشان می‌دهد کم‌ترین و بیش‌ترین نرخ تخلیه به میزان ۶۸ و ۹۶ درصد به ترتیب مربوط به اولین و سومین دوره زمانی می‌باشد. نسبت (F/M) از ۱/۱۶ در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۸ تا ۸/۷۹ در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۴متغیر بود. نسبت‌های M/K، F/K و Z/K به‌دست آمده از داده‌های کل دوره نمونه‌برداری به ترتیب برابر با ۱/۴۴، ۳/۹۴ و ۵/۳۸ برآورد شدند. مقادیر این شاخص‌ها دارای نوسان بود به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار M/K و دو شاخص دیگر به ترتیب مربوط به اولین و سومین دوره زمانی بود. با توجه به شاخص B/B_{MSY}، ذخیره ماهی کلمه در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۴ در وضعیت تهی شدن و در سال‌های دیگر به شدت تحت بهره‌برداری بی‌رویه بوده است. بنابراین، نتایج مدل نشان می‌دهد هم‌اکنون میزان برداشت بیش‌تر از حداکثر محصول پایدار (MSY) بوده و ذخیره به شدت درحال کاهش و در وضعیت بحرانی می‌باشد. مقادیر F/M و B/B_0 نیز بهره‌برداری بی‌رویه را تأیید می‌کنند. در مجموع، نتایج مدل LBB تأیید می‌کند که منابع صید ماهی کلمه در سال‌های اخیر در سواحل جنوب شرقی دریای خزر به شدت کاهش یافته و در معرض خطر انقراض قرار دارد. جهت حفظ و احیای ذخیره مذکور نیازمند ارائه اقدامات مدیریتی کارآمدتر و سخت‌گیرانه‌تری می‌باشد.

استناد: زارع، پرویز، بندانی، غلامعلی، انصاری، زینب (۱۴۰۲). ارزیابی وضعیت بهره‌برداری ماهی کلمه خزری (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) در سواحل جنوب شرقی دریای خزر با مدل LBB. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۱)، ۹۷-۸۷.
DOI: 10.22069/japu.2022.20523.1699

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

هدف نهایی علم شیلات در حوزه صید و بهره‌برداری، ارزیابی وضعیت ذخایر ماهی می‌باشد. اگر از ذخایر کم‌تر از حد پایدار صید شود منجر به از دست رفتن درآمد می‌شود (۱) در حالی‌که بهره‌برداری بیش از حد باعث کاهش درآمد می‌شود (۲) و ممکن است منجر به کاهش شدید ذخیره (stock collapse) با اثرات منفی اکولوژیکی منتج شود (۳). بنابراین، امنیت غذایی جهانی به ارزیابی و مدیریت صحیح منابع ماهیگیری بستگی دارد (٤). مدیریت صحیح در صنعت صید آبزیان متکی به ارزیابی دقیق وضعیت ذخیره و وضعیت بهره‌بردای است که به طور ایده‌آل بر اساس برآوردهای فراوانی ماهی به‌دست آمده از گشت‌های تحقیقاتی از گونه موردنظر است. از آن‌جایی‌که برآورد فراوانی ماهی از طریق گشت‌های تحقیقاتی برای اکثر ذخایر شیلاتی جهان وجود ندارد، اغلب تلاش بر این است که ارزیابی وضعیت ذخیره بر اساس اطلاعات میزان صید صیادان یا طول آبزیان انجام شود. از طرف دیگر اطلاعات و داده‌های میزان صید صیادان در بسیاری از کشورها از جمله ایران برای سال‌های محدودی برای ماهیان تجاری موجود است که همین اطلاعات ممکن است به دلایل مختلفی از جمله ثبت نشدن بخشی از میزان صید، صید غیرمجاز و ..... دارای نقص یا خطا باشد. در دردسترس بودن فقط داده‌های طولی در ارتباط با بیش‌تر ذخایر آبزیان، اهمیت نیاز به استفاده از روش‌ها و مدل‌های مناسب جهت تعیین وضعیت بهره‌برداری و ارائه شاخص‌های مدیریتی را دو چندان می‌کند. مدل LBB یکی از مدل‌هایی است که برای برآورد شاخص‌های وضعیت بهره‌برداری به روش بیزین با کمک داده‌های طولی آبزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵). مزیت روش LBB این است که می تواند مقادیر نسبت‌های B/B_0 (بیومس نسبی) و B/Bmsy را تخمین بزند که هر دو شاخص‌های مهمی از وضعیت ذخیره و شدت ماهیگیری هستند و روند آن‌ها می‌تواند با تلاش ماهیگیری مرتبط باشد. البته نقاط مرجع شیلاتی مهم دیگری را نیز می‌توان با این روش برآورد کرد. تعیین نقاط مرجع شیلاتی برای ذخایر آبزیان از راهکارهای مهم و تأثیرگذار در مدیریت برداشت آبزیان و اجرای مدیریت صید با رویکرد اکوسیستم محور می‌باشد. این نقاط مرجع برای بسیاری از ذخایر آبزیان در جهان از جمله ماهی کلمه به‌طور رسمی وجود ندارد.

اما مطالعاتی در زمینه پویایی جمعیت و ارزیابی ذخایر کلمه خزری انجام شده است (٦، ۷، ۸، ۹). بنابراین مطالعه حاضر می‌تواند در راستای تکمیل اطلاعات گذشته، زمینه‌ای را برای دستیابی به اطلاعات به روز شده در مدیریت صید گونه کلمه خزری فراهم نماید. به‌علت جدید بودن مدل مذکور، در خارج از کشور مطالعاتی که با مدل LBB به ارزیابی ذخایر آبزیان و وضعیت بهره‌برداری از آن‌ها پرداخته‌اند، در سالیان اخیر صورت پذیرفته است.

بالد و همکاران (۱۰) وضعیت ذخیره دو گونه *Sardinella maderensis* و *Sardinella aurita* را از آب‌های سنگال با استفاده از روش LBB بررسی کردند. وانگ و همکاران (۱۱) ارزیابی ذخایر ۸ گونه ماهی از دریاهای زرد و بوهای را مورد مطالعه قرار دادند. لیانگ و همکاران (۱۲) نیز ذخایر ١٤ گونه ماهی و بی‌مهره از آب‌های چین را با مدل LBB ارزیابی کردند. ژانگ و همکاران (۱۳) ارزیابی ذخایر منابع شیلاتی مصب رودخانه Min و آب‌های مجاورش در چین جنوبی را با استفاده از روش LBB انجام دادند. یو و همکاران (١٤) هم ارزیابی ذخیره گونه *Portunus trituberculatus* از مصب یانگتسه در چین با استفاده از روش LBB مورد مطالعه قرار دادند. جو و همکاران (۱۵) با استفاده از این روش

وضعیت ذخیره ۵ گونه کوسه از آب‌های اطراف تایوان را برآورد کردند. وانگ و همکاران (۱۶) با استفاده از این ابزار ذخیره اسکوئید *Uroteuthis chinensis* در شمال شرق دریای چین را ارزیابی کردند. نتایج مطالعات فوق پیشنهاد می‌کنند که مدل LBB یک روش کارآمد برای ارزیابی ذخایر شیلاتی می‌باشد، به‌ویژه هنگامی که فراوانی طولی تنها داده موجود می‌باشد. هم‌چنین، LBB می‌تواند شواهدی مفید جهت مدیریت پایدار ذخایر شیلاتی ارائه دهد.

با توجه به وجود ماهی کلمه در ترکیب صید پره ساحلی و اهمیت تجاری و اکولوژیکی آن، مطالعه حاضر می‌تواند اطلاعات مفیدی را در مورد وضعیت بهره‌برداری از این گونه ارائه دهد که از نظر اکولوژیکی و مدیریتی در بهره‌برداری از ذخایر ضروری می‌باشد. زیرا برداشت نا آگاهانه از ذخایر سبب آسیب‌های جبران‌ناپذیری به ذخیره موجود و اکوسیستم دریا می‌گردد. در پژوهش حاضر تلاش شده است با استفاده از مدل LBB به ارزیابی وضعیت بهره‌برداری و برآورد نقاط مرجع شیلاتی مورد استفاده در مدیریت صید گونه ماهی کلمه در سواحل جنوب شرقی دریای خزر در چهار دوره زمانی ۱۳۹۰–۱۳۸۸، ۱۳۹۳–۱۳۹۱، ۱۳۹۶–۱۳۹٤ و ۱۳۹۹–۱۳۹۷ بپردازد. تا از این طریق بتوان از یافته‌های به‌دست آمده در تدوین برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی این گونه با ارزش شیلاتی آب‌های ایران استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

برای اهداف این مطالعه، از داده‌های طول ماهی کلمه ثبت شده توسط مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان مربوط به دوره‌های زمانی ۱۳۹۰–۱۳۸۸، ۱۳۹۳–۱۳۹۱، ۱۳۹٤–۱۳۹۶ و ۱۳۹۹–۱۳۹۷ استفاده شده است. نمونه‌های جمع‌آوری شده متعلق به صید پره ساحلی در سواحل جنوب شرقی دریای خزر بودند. در بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹، طول چنگالی ۳۷۷٤ عدد ماهی با استفاده از تخته بیومتری با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. در مطالعه حاضر، از مدل LBB مبتنی بر فراوانی طولی جهت تعیین وضعیت بهره‌برداری ماهی کلمه خزری استفاده گردید. در حقیقت، مدل LBB یک روش برآورد بیومس به روش بیزین با کمک داده‌های طولی موجود از آبزی می‌باشد. در این روش، براساس داده‌های فراوانی طولی پارامترهای جمعیتی با راهکار زنجیره مارکوف مونت کارلو محاسبه می‌شود. این مدل برای ارزیابی وضعیت صید بر اساس طول نسبی مناسب است. در روش LBB، مقادیر مطلق سن و بیومس را می‌توان با مقادیر نسبی آن‌ها جایگزین کرد. فرمول‌های کلیدی روش LBB استفاده شده در تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه در زیر آورده شده است (۵).

با استفاده از مدل LBB (Length-based Bayesian Biomass estimator) نقاط مرجع مورد استفاده در مدیریت صید (Y'/R، B/B_{MSY}، B/B_0، Z/K، F/M) با فرمول‌های زیر برآورد خواهد شد. Y' نماد تولید (Yield)، R نماد بازسازی شیلاتی یا احیاء (Recruitment)، B بیومس فعلی (Biomass)، B_0 بیومس بهره‌برداری نشده یا بکر (Virgin Biomass)، K ضریب رشد (Growth Coefficient)، هم‌چنین Z، F و M به ترتیب مرگ و میرهای کل، صیادی و طبیعی می‌باشند.

برای برآورد نسبت بیومس فعلی B به بیومس بهره‌برداری نشده B_0 از رابطه زیر استفاده شد:

$$\frac{B}{B_0} = \frac{\frac{CPUE'}{R}}{\frac{B'_0 > L_c}{R}}$$

در فرمول فوق، صورت و مخرج کسر به‌ترتیب به‌وسیله روابط زیر محاسبه می شوند:

$$\frac{CPUE'}{R}=\frac{\frac{Y'}{R}}{\frac{F}{M}}=\frac{1}{1+\frac{F}{M}}\left(1-\frac{L_c}{L_{inf}}\right)^{\frac{M}{K}}\left(1-\frac{3(1-L_c/L_{inf})}{1+\frac{1}{M/K+F/K}}+\frac{3(1-L_c/L_{inf})^2}{1+\frac{2}{M/K+F/K}}-\frac{(1-L_c/L_{inf})^3}{1+\frac{3}{M/K+F/K}}\right)$$

$$\frac{B_0'>L_c}{R}=(1-L_c/L_{inf})^{\frac{M}{K}}\left(1-\frac{3(1-L_c/L_{inf})}{1+\frac{1}{M/K}}+\frac{3(1-L_c/L_{inf})^2}{1+\frac{2}{M/K}}-\frac{(1-L_c/L_{inf})^3}{1+\frac{3}{M/K}}\right)$$

در رابطه $\frac{CPUE'}{R}$ (صید به‌ازای تلاش صیادی CPUE' یا همان Catch Per Unit Effort) به ازای احیاء، نسبت $\frac{Y'}{R}$ (تولید به ازای احیاء) با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{Y'}{R}=\frac{F/M}{1+F/M}(1-L_c/L_{inf})^{M/K}\left(1-\frac{3(1-L_c/L_{inf})}{1+\frac{1}{M/K+F/K}}+\frac{3(1-L_c/L_{inf})^2}{1+\frac{2}{M/K+F/K}}-\frac{(1-L_c/L_{inf})^3}{1+\frac{3}{M/K+F/K}}\right)$$

معادله تولید به ازای احیاء (Y'/R) برحسب شاخص‌های L_c/L_{inf}، F/K، M/K و F/M بیان می‌شود. با فرض این‌که مرگ و میر ماهیگیری (F) متناسب با تلاش ماهیگیری است، می‌توان شاخص CPUE '/ R را از تقسیم Y/R بر F/M به‌دست آورد (۵ و ۱۷). نماد L_c طول در صید و L_{inf} طول بی‌نهایت آبزی می‌باشند.

با استفاده از پارامترهای ثابت F/M=۱، $L_c=L_{c_opt}$ و محاسبه مجدد Y'/R، CPUE'/R، $B_0>L_c/R$ و B/B_0، بیومس نسبی در نقطه MSY (Maximum Sustainable Yield) یا همان حداکثر محصول پایدار به شکل B_{MSY}/B_0 ارائه می‌گردد (B_{MSY} بیومس حداکثر محصول پایدار). بنابراین، برای محاسبه اندازه نسبی ذخیره موجود (B/B_{MSY}) از رابطه زیر استفاده شد:

$$\frac{B}{Bmsy}=\frac{\frac{B}{B_0}}{\frac{Bmsy}{B_0}}$$

وضعیت ذخیره و بهره‌برداری معمولاً براساس شاخص B/B_{MSY} ارزیابی و طبق طبقه‌بندی معینی به ٤ گروه کلی تقسیم می‌گردد: اگر مقدار B/B_{MSY} به‌دست آمده بزرگ‌تر از عدد ۱/۱ باشد ($B/B_{MSY} > 1.1$)، وضعیت ذخیره و صید «سالم» در نظر گرفته می‌شود. اگر بین ۰/۸ تا ۱/۱ قرار گیرد ($0.8 < B/B_{MSY} \leq 1.1$)، ذخیره «تا حدی تحت صید بی‌رویه» قرار داشته و اگر بین ۰/۵ تا ۰/۸ باشد ($0.8 \leq B/B_{MSY} \leq 0.5$) ذخیره «تحت بهره‌برداری بی‌رویه» قرار گرفته است. اما در صورتی‌که بین ۰/۲ تا ۰/۵ باشد ($0.5 < B/B_{MSY} \leq 0.2$)، ذخیره «به شدت تحت بهره‌برداری بی‌رویه» قرار گرفته است. و نهایتاً اگر $B/B_{MSY} < 0.2$ باشد، ذخیره در وضعیت تهی و خالی شدن قرار دارد (۱۸). در این مطالعه تمامی آنالیزها با استفاده از بسته LBB نسخه 33.0. و نرم‌افزار R اجرا شدند.

نتایج و بحث

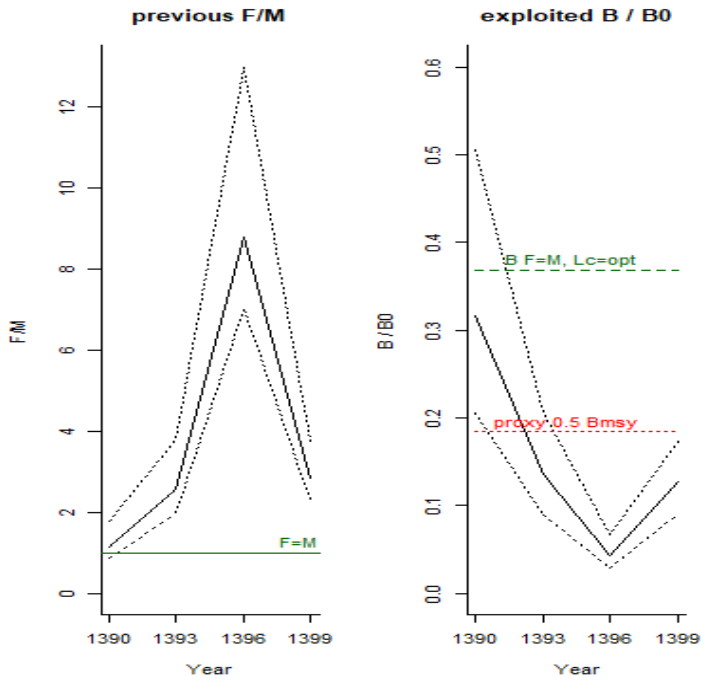
مقادیر شاخص‌های تعیین وضعیت ذخیره و بهره‌برداری با فاصله اطمینان ۹۵ درصد آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می شود، از برازش مدل LBB به داده‌های طولی ماهی در ٤ دوره زمانی، دامنه مقادیر B/B_0 و B/B_{MSY} به ترتیب از ۰/۰٤ تا ۰/۳۲ و از ۰/۱۲ تا ۰/۸۷ متغیر بود. با توجه به برآوردهای B/B_{MSY} ذخیره ماهی کلمه در چهار دوره زمانی تحت بهره‌برداری بی‌رویه با شدت‌های مختلف بوده است. نسبت B/B_{MSY} در ۳ دوره زمانی اول روند کاهشی داشته و در دوره زمانی آخر مجدداً تا حدی افزایش یافته است. مقدار تولید به ازای احیاء از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹٦ روند کاهشی داشته و سپس افزایش یافته است. مقدار آن از ۰/۰۱ در دوره زمانی ۹٦-۱۳۹٤ تا ۰/۳۱۰ در دوره زمانی ۹۰-۱۳۸۸ متغیر بوده است. در تمام دوره‌های زمانی، نسبت مرگ و میر صیادی به مرگ و

میر طبیعی (F/M) مقداری بیش‌تر از ۱ دارد. اگرچه مقادیر این نسبت از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۶ افزایش چشمگیری داشته، اما در سال‌های اخیر مقدار آن تا حدودی کاهش یافته است. در دوره زمانی ۹۶-۱۳۹۴، پارامترهای مرگ و میر صیادی به نرخ رشد (F/K) و مرگ و میر کل به نرخ رشد (Z/K) افزایش چشمگیری داشته و این نسبت‌ها در سال‌های اخیر کاهش یافته است. برعکس، نسبت M/K روند کاهشی داشته است. روند دو شاخص مدیریتی F/M و B/B_0 که به‌عنوان نقاط مرجع شیلاتی شناخته می‌شوند در شکل ۱ ترسیم شده است.

جدول ۱- شاخص‌های تعیین وضعیت بهره‌برداری ماهی کلمه خزری در دوره‌های زمانی مختلف از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹.

دوره زمانی پارامتر	۱۳۹۰ - ۱۳۸۸	۱۳۹۳-۱۳۹۱	۱۳۹۶-۱۳۹۴	۱۳۹۹-۱۳۹۷
alpha	۲۴/۸۵ (۲۳/۸۲ – ۲۵/۸)	۲۴/۸۵ (۲۳/۸۹ – ۲۵/۸۸)	۲۷/۴۷ (۲۶/۵۲ – ۲۸/۲۳)	۱۵/۸۴ (۱۵/۳۳ – ۱۶/۴۴)
M/K	۱/۹۲ (۱/۶۱ – ۲/۱۸)	۱/۴۴ (۱/۱۱ – ۱/۶۹)	۱/۳۱ (۰/۹۵ – ۱/۵۴)	۱/۴۴ (۱/۱۶ – ۱/۶۹)
F/K	۲/۲۷ (۱/۸۸ – ۲/۷۸)	۳/۷۱ (۳/۲۹ – ۴/۲۵)	۱۱/۴۰ (۱۰/۶۵ – ۱۲/۹۰)	۴/۲۰ (۳/۷۷ – ۴/۶۳)
Z/K	۴/۲۱ (۳/۸۶ – ۴/۵۲)	۵/۱۵ (۴/۷۸ – ۵/۵۱)	۱۲/۶۸ (۱۱/۸۶ – ۱۴/۰۸)	۵/۶۰ (۵/۲۴ – ۵/۹۸)
F/M	۱/۱۶ (۰/۸۶ – ۱/۷۸)	۲/۵۶ (۱/۹۸ – ۳/۷۷)	۸/۷۹ (۷/۰۴ – ۱۲/۹۹)	۲/۸۵ (۲/۳۱ – ۳/۷۵)
Y/R'	۰/۰۳۱ (۰/۰۲ – ۰/۰۵)	۰/۰۲۷ (۰/۰۱۸ – ۰/۰۴۲)	۰/۰۱ (۰/۰۰۷ – ۰/۰۱۵)	۰/۰۲۵ (۰/۰۱۸ – ۰/۰۳۵)
B/B_0	۰/۳۲ (۰/۲۱ – ۰/۵۱)	۰/۱۴ (۰/۰۹ – ۰/۲۱)	۰/۰۴ (۰/۰۳ – ۰/۰۷)	۰/۱۳ (۰/۰۹ – ۰/۱۷)
B/B_{MSY}	۰/۸۷	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۳۵
وضعیت ذخیره	تا حدی تحت بهره‌برداری بی‌رویه	به شدت تحت بهره‌برداری بی‌رویه	در وضعیت تهی شدن	به شدت تحت بهره‌برداری بی‌رویه

اعداد داخل پرانتز مقادیر فاصله اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد



شکل ۱- تغییرات F/M و B/B0 ماهی کلمه خزری در دوره‌های زمانی مختلف.

نقاط مرجع شیلاتی عمومی به‌دست آمده از داده‌های کل دوره نمونه‌برداری (از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹) در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به مقدار B/B_{MSY} به‌دست آمده از داده‌های سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹، به‌طورکلی ذخیره به شدت تحت بهره‌برداری بی‌رویه قرار دارد. مقادیر F/M و B/B_0 بهره‌برداری بی‌رویه را تأیید می‌کنند. هم‌چنین، نسبت‌های M/K، F/K و Z/K به‌ترتیب برابر با ۱/٤٤، ۳/۹٤ و ۵/۳۸ برآورد شدند.

جدول ۲- نقاط مرجع شیلاتی به‌دست آمده برای کلمه خزری از داده‌های کل دوره نمونه‌برداری (از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹).

پارامتر	مقدار
M/K	۱/٤٤ (۱/۱٤ – ۱/٦۹)
F/K	۳/۹٤ (۳/۵۳ – ٤/٤٤)
Z/K	۵/۳۸ (۵/۰۱ – ۵/۷۵)
F/M	۲/۷۱ (۲/۱٤ – ۳/۷٦)
Y/R'	۰/۰۲٦ (۰/۰۱۸ – ۰/۰۳۸)
B/B_0	۰/۱۳ (۰/۰۹ – ۰/۱۹)
B/B_{MSY}	۰/۳۵
B_{MSY}/B_0	۰/۳۷

در مطالعات قبلی شاخص‌های مدیریتی B/B_0، B/B_{MSY} و F/M برای کلمه دریای خزر محاسبه نشده است. اما در یک بررسی با داده‌های فصل صید ۹٤-۱۳۹۳ در سواحل جنوب شرقی دریای خزر (دردی تاتار و همکاران، ۲۰۱۸) با توجه به نرخ بهره‌برداری (E=F/Z) برابر با ۰/۷٤ به این نتیجه رسیده بودند که ماهی کلمه در وضعیت صید بی‌رویه بوده است. در مطالعات بندانی و همکاران (٦ و ۸) نرخ بهره‌برداری آورده نشده است اما با توجه به مقادیر Z و F گزارش شده می‌توان آن را محاسبه کرد. با داده‌های سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۲، ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ مقدار نرخ بهره‌برداری ماهی کلمه به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۷۷، ۰/٤۲ و ۰/٤٦ به‌دست آورده می‌شود که با توجه به نرخ بهره‌برداری بهینه، می‌توان گفت که مقادیر به‌دست آمده در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ کم‌تر از ۰/۵ یا تقریباً برابر با ۰/۵ بوده و نشان‌دهنده صید سالم و پایدار کلمه خزری در آب‌های جنوبی دریای خزر بوده است. نسبت بهره‌برداری بهینه تعیین شده توسط پائولی، برابر با ۰/۵ است (۱۹). نتایج این مطالعه به‌طور میانگین وضعیت بهره‌برداری و صید ماهی کلمه را به‌صورت بهره‌برداری بی‌رویه از نوع شدید ارزیابی کرده است و جمعیت ماهی کلمه در آب‌های ایرانی دریای خزر از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹در حالت صید بی‌رویه بوده است. اختلاف یافته‌های این مطالعه در دوره زمانی مختلف با یافته‌های قبلی ممکن است به دلیل استفاده از روش‌ها و داده‌های مختلف باشد. برآوردهای قبلی از تجزیه و تحلیل FiSAT II به‌دست آمده است، در حالی‌که این مطالعه از یک روش به روز و قوی‌تر، LBB، استفاده کرده است. به‌علاوه روش مورد استفاده، حجم نمونه و تغییرات

زمانی و مکانی در جمع‌آوری نمونه‌ها به طور قابل‌توجهی بر توزیع اندازه داده‌های صید و بنابراین، خروجی‌های مدل تأثیر می‌گذارد. حجم نمونه تحت پوشش این مطالعه به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از مطالعات قبلی است که احتمالاً منجر به اختلاف در نتایج می‌شود. برای محاسبه نرخ بهره‌برداری در ابتدا باید پارامترهای مرگ و میر کل، طبیعی و صیادی براورد شود. اما در مدل LBB برای به حداقل رساندن پارامترهای مورد نیاز، چارچوب تحلیلی بر اساس نرخ مطلق رشد و مرگ و میر نیست، بلکه بر اساس نرخ مرگ و میر طبیعی (M) نسبت به نرخ رشد (M/K) و نرخ مرگ و میر صیادی (F) نسبت به نرخ رشد (F/K)، با هدف تخمین میانگین مرگ و میر صیادی نسبت به مرگ و میر طبیعی (F/M) و زی‌توده فعلی نسبت به زی‌توده ماهیگیری نشده (B/B0) می‌باشد. به عبارت دیگر، در موجوداتی که در سرتاسر عمر خود رشد می کنند، افزایش طول می‌تواند به عنوان تقریبی برای زمان سپری شده استفاده شود و با استفاده از نسبت‌ها به جای مقادیر مطلق، واحدهای زمان و بیومس بی‌اثر می‌شوند (۵).

وضعیت صیادی و تأثیر صید بر جمعیت آبزیان معمولاً براساس میزان شاخص بیوماس موجود به بیوماس حداکثر محصول پایدار B/BMSY ارزیابی می‌شود. وضعیت صید ماهی کلمه خزری در آب‌های جنوب شرقی دریای خزر براساس این شاخص، در طبقه "به شدت تحت بهره‌برداری بی‌رویه" قرار دارد و ذخیره در خارج از محدوده زیستی ایمن قرار دارد. نسبت F/M شاخصی از تلاش صیادی می‌باشد و مقدار آن به‌طور میانگین برای جمعیت ماهی کلمه یک مقدار نسبتاً بالا و برابر با ۲/۷ برآورد شد و این نسبت از ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۶ روند افزایشی داشته است. مقدار نسبت F/M برای ماهی کلمه در دوره زمانی ۹۶-۱۳۹٤ بالا بود و و مقدار آن تقریباً به ۹ رسیده بود. این نسبت بالا می‌تواند به‌دلیل استفاده از یک ابزار ماهیگیری باشد که انتخابی عمل نمی‌کند و گونه‌های مختلف را صید می‌کند. حتی اگر صیاد قصد صید کلمه رو هم نداشته باشد باز هم به‌دلیل غیرانتخابی بودن ابزار صید ماهی کلمه در صید پره گیر می‌افتد. از طرف دیگر امکان استفاده ابزار صید مختص برای هر گونه کار دشواری می‌باشد. برای همین منظور جهت حفظ این گونه با ارزشمند باید چاره‌ای کاربری و عملیاتی اندیشیده شود.

مقدار بیش از یک این نسبت نشان‌دهنده وجود داشتن صید بی‌رویه است. هم‌چنین نسبت B/B_0 جمعیت کلمه کم‌تر از B_{MSY}/B_0 به‌دست آمد که این شاخص نیز تأیید می کنند که بهره‌برداری بی‌رویه از ذخیره اتفاق افتاده است. برآورد بیومس نسبی برای گونه ۰/۱۳ محاسبه شد که نشان می‌دهد که بیومس فعلی ماهی کلمه بسیار کم است، یعنی به ۸۷ درصد از سطح اولیه خود کاهش یافته است. نسبت B/B_0=(0.4–0.5) را به‌عنوان حد مرجع بیومس ذخیره تعریف شده است (۵). هنگامی‌که بیومس به شکل معنی‌داری کم باشد، به طوری که نسبت B/B_0 یا B/B_{MSY} از ۰/۵ کم‌تر باشد؛ بهره‌برداری بی‌رویه از ذخیره اتفاق افتاده است. به این ترتیب که اگر اندازه نسبی ذخیره به شکلی باشد که $B/B_0 < B_{MSY}/B_0$ آن گاه بهتر است که میزان صید کاهش یابد.

شاید بتوان گفت فشارهای اقتصادی تحمیل شده بر جامعه صیادی و نگاه کوتاه‌مدت به اهداف اجتماعی و اقتصادی، وجود صید غیرمجاز، نبود برنامه‌های بلندمدت کاربردی در راستای بازسازی ذخایر، ضعف شیوه‌های مدیریتی گذشته و حال، عدم نظارت و کنترل منظم و مناسب از سوی مراجع ذیربط و هم‌چنین شفاف نبودن قوانین و عدم تضمین رعایت آن‌ها، منجر به بهره‌برداری بیش از حد از ذخایر شده است. با این‌حال، ماهیگیری یک فعالیت اقتصادی

پیچیده است که نه تنها تحت‌تأثیر صید بی‌رویه، بلکه تحت‌تأثیر عوامل دیگری مانند تغییر اقلیم، تخریب محیط‌زیست و غیره قرار می‌گیرند. چرا که هر ذخیره شیلاتی با دو نوع مرگ و میر صیادی و طبیعی مواجه بوده و افزایش بی‌رویه هر کدام بر اثر عوامل انسانی یا طبیعی فعالیت‌های شیلاتی را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو اکثر اوقات اتخاذ تصمیم و انجام اقدامات لازم برای مدیریت و حفاظت از ذخایر به صرف در نظر داشتن این نقاط مرجع شیلاتی دشوار است اگرچه این نقاط مرجع کمک شایانی به شناخت از جمعیت بهره‌برداری شده می‌کند. هم‌چنین جمعیت ماهی کلمه در آب‌های ایران را نمی‌توان از جمعیت این ماهی در کشورهای همسایه جدا کرد و هر گونه بهره‌برداری بی‌رویه در خارج از مرزهای دریایی ایران ممکن است تأثیری مخرب بر برداشت از ذخیره گونه مذکور در آب‌های ایران داشته باشد.

نتیجه‌گیری کلی

مدل LBB نقطه شروعی کاملاً کاربردی و مقرون به صرفه برای به‌دست آوردن شاخص‌هایی برای مدیریت صید پایدار برای داده‌های ضعیف می‌باشد. استفاده متداول از آن حداقل در ایران امکان تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای را فراهم می‌کند و بنابراین اطلاعات بهتری را در اختیار مدیران صید قرار می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از وضعیت ذخیره و بهره‌برداری توسط مدل LBB قابل اعتماد است و اطلاعاتی را در اختیار مدیران صید قرار می‌دهد که ممکن است برای مدیریت و حفظ ذخایر آبزیان در آب‌های دریای خزر مفید باشد. نتایج LBB هم‌چنین ممکن است به عنوان پروکسی در مدل‌های ارزیابی ذخایر پیچیده‌تر استفاده شود. بر اساس مدل LBB، مقدار شاخص‌های B/B_{MSY}، B_{MSY}/B_0 و B/B_0 در زیر سطح پایدار (کم‌تر از ۰/۵)، مقدار شاخص F/M بالاتر از سطح پایدار (بیش‌تر از ۱) و مقدار نسبت B/B_0 کم‌تر از نسبت B_{MSY}/B_0 برآورد شد که همه این موارد نشان‌دهنده این است که ذخیره از صید بی‌رویه رنج می‌برد و وضعیت جمعیت کلمه بحرانی و تحت فشار بوده و در آستانه سقوط می‌باشد. ادامه صید با وضعیت فعلی ممکن است منجر به ناپدید شدن یا انقراض گونه در آب‌های ایران شود. در شرایط فعلی حفظ این ذخیره از برداشت آن مهم‌تر می‌باشد. بنابراین، مرگ و میر صیادی این گونه باید بلافاصله به‌شدت کاهش یابد تا از کاهش بیش‌تر (تخلیه بیش‌تر) این ذخیره جلوگیری به عمل آید و با اتخاذ تمهیداتی اجازه احیاء به این گونه داده شود.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی با عنوان "مدیریت صید کپور دریایی و کلمه خزری با استفاده از شاخص‌های طولی در ساحل جنوب شرقی دریای خزر" با شماره شناسه ٤٦-٤٣٠-٩٩ و مصوب جلسه شماره ٤٣٠ مورخ ١٣٩٩/١٢/٠٤ شورای پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان می‌باشد. بدین‌منظور، نویسندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به جهت حمایت مادی و معنوی از پژوهش حاضر و هم‌چنین از مرکز تحقیقات آبزیان آب‌های داخلی به جهت فراهم نمودن داده‌های پژوهش تشکر می‌نمایند.

منابع

1.Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Chapman and Hall, New York, NY, USA.

2.Kaiser, M.J., and de Groot, S.J. (Ed.) 2000. Effects of Fishing on Non-target Species and Habitats: Biological, Conservation and Socio-economic Issues. Blackwell Science, Oxford, UK.

3.Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, M.J., et al. 2009. Rebuilding global fisheries. Science, 325: 578-585.

4.Smith, M.D., Roheim, C.A., Crowder, L.B., Halpern, B.S., Turnipseed, M., Anderson, J.L., Asche, F., et al. 2010. Sustainability and global seafood. Science, 327: 784-786.

5.Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A.C., Dimarchopoulou, D., Scarcella, G., et al. 2018. A new approachfor estimating stock status from length frequency data. ICES Journal of Marine Science, 75: 2004-2015.

6.Bandani, Gh.A., Ghasemi, Sh., Larijani, M., Abbasi, K., Daryanabard, Gh., Ghadirnezhad, H., Abdolmaleki, Sh., Taleshian, H., Doji, E., Kor, A., and Habibisaleh, F. 2016. The stock assessment of bony fish, carp (*Cyprinus carpio*) and roach (*Rutilus rutilus*) in southern coast of the Caspian Sea. Iranian Fisheries Science Research Institute-Inland Waters Aquatics Resources Research Center. 32p.

7.Bandani, Gh.A., Ghasemi, Sh., Talebzadeh, A., Fazli, H., Taghvi, A., Larijani, M., Aghaeimoghadam, A., Yahyaei, M., Ghasami, M., and Shirazi, A. 2017. Stock assessment (*Cyprinus carpio* and *Rutllus caspicus*) in Iranian waters of Caspian Sea (2015-2017). Iranian Fisheries Science Research Institute-Inland Waters Aquatics Resources Research Center. 32p.

8.Bandani, Gh.A., Ghasemi, S., Taghvimotlagh, A., Larijani, M., Talebzadeh, A., Fazli, H., Aghaeimoghadam, A., Yahyaei, M., Ghasami, M., and Rezaei Shirazi, A. 2018. Stock assessment (*Cyprinus carpio* and *Rutllus caspicus*) in Iranian waters of Caspian Sea (2017-2018). Iranian Fisheries Science Research Institute. 29p.

9.Dordi Tatr, R., Ghorbani, R., Gorgin, S., Bandani, Gh., and Yahyaei, M. 2018. Assessing exploitation status of Caspian roach (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) in southeast of the Caspian Sea. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics. 27: 4. 67-76.

10.Baldé, B.S., Fall, M., Kantoussan, J., Sow, F.N., Diouf, M., and Brehmer, P. 2019. Fish-length based indicators for improved management of the sardinella 2 fisheries in Senegal. Regional Studies in Marine Science. 31: 1-10.

11.Wang, Y., Wang, Y., Liu, S., Liang, C., Zhang, H., and Xian, W. 2020. Stock Assessment Using LBB Method for Eight Fish Species From the Bohai and Yellow Seas. Frontiers in Marine Science. 7: 164.

12.Liang, C., Xian, W., Liu, S., and Pauly, D. 2020. Assessments of 14 Exploited Fish and Invertebrate Stocks in Chinese Waters Using the LBB Method. Frontiers in Marine Science. 7: 314.

13.Zhang, L., Ren, Q., Liu, M., Xu, Q., Kang, B., and Jiang, X. 2020. Fishery Stock Assessments in the Min River Estuary and Its Adjacent Waters in Southern China Using the Length-Based Bayesian Estimation (LBB) Method. Frontiers in Marine Science. 7: 507.

14.Yue, L., Wang, Y., Zhang, H., and Xian, W. 2021. Stock Assessment Using the LBB Method for Portunus trituberculatus Collected from the Yangtze Estuary in China. China. Applied Sciences. 11: 1. 342.

15.Ju, P., Chen, M., Tian, Y., Zhao, Y., Yang, S., and Xiao, J. 2020. Stock Status Estimating of 5 Shark Species in the Waters Around Taiwan Using a Length-Based Bayesian Biomass Estimation (LBB) Method. Frontiers in Marine Science. 7: 632.

16.Wang, X., He, Y., Du, F., Liu, M., Bei, W., Cai, Y., and Qiu, Y. 2021. Using LBB Tools to Assess Miter Squid Stock in the Northeastern South China Sea. Frontiers in Marine Science. 7: 518-627.

17. Beverton, R.J.H., and Holt, S.J. 1966. Manual of Methods for Fish Stock Assessment, Part II-Tables of Yield Functions; FAO Fisheries Technical Paper No. 38 (Rev. 1); FAO: Rome, Italy, 10p.
18. Palomares, M.L.D., Froese, R., Derrick, B., Nöel, S.L., Tsui, G., Woroniak, J., et al. 2018. "A preliminary global assessment of the status of exploited marine fish and invertebrate populations," in A Report Prepared by the Sea Around Us for OCEANA, (Washington, DC: OCEANA), 64p.
19. Pauly, D., and Munro, J.L. 1984. Once More on the Comparison of Growth in Fish and Invertebrates. Fish byte, 2: 21.