

(OPEN ACCESS)

Dynamics of the future state of fishing of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) at the southern shores of the Caspian Sea

Elham Mirrasouli¹, Rasoul Ghorbani^{*2}, Saeed Gorgin³, Ali Jalali⁴,
Seyed Mostafa Aghilinejad⁵

1. Ph.D. in Aquatic Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: elhammirrasooli@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rasulghorbani@gmail.com
3. Associate Prof., Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: sgorgin@gmail.com
4. Coastal Research Institute, University of Agricultural Sciences, Melbourne 74242, Australia. E-mail: jalalife@gmail.com
5. Management of Sturgeon Affairs in Golestan Province, Gorgan, Iran. E-mail: aghilinejad01341@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: Iranian sturgeon (<i>Acipenser persicus</i> , Borodin 1897) is one of the most valuable fish in the Caspian Sea, and its largest stocks are at the southeastern part of the Caspian Sea. The aim of this study is to predict the fishing status of Iranian sturgeon stocks at the southern coast of the Caspian Sea using a dynamic model.
Article history: Received: 11.21.2023 Revised: 12.17.2023 Accepted: 01.11.2024	Materials and Methods: In this study, data related to Iranian sturgeon fishing from the southern coast of the Caspian Sea (Golestan, Mazandaran and Gilan provinces) with a length of about 800 km were determined. To investigate the dynamics of the Iranian sturgeon population based on the exponential growth rate and the effect of environmental parameters, a dynamic model was used using Stella software.
Keywords: <i>Acipenser persicus</i> , Dynamic model, The southern shores of the Caspian Sea	Results: In studying the Iranian sturgeon population based on the exponential growth rate and the effect of environmental parameters of wind speed (6 pm) and wind direction (12 am) using a dynamic model, the results showed that considering the initial population size of Iranian sturgeon equal to 153 individuals in 2018; the continuation of the current fishing trend (based on the scenario of a harvest rate of 0.4), the extinction trend of this species will continue and it will become extinct by 2050. While, assuming a constant harvest rate of the population equal to 0.2 per year (reducing the sturgeon catch to half the amount caught under current conditions); the harvest rate of Iranian sturgeon stocks will increase until the stocks of this species have the ability to fully regenerate themselves by the next 30 years (2050).
	Conclusion: In the current situation, the catch of Iranian sturgeon on the southern coast of the Caspian Sea has reached the maximum sustainable yield (MSY) level, and any increase in fishing capacity should be avoided in order to ensure the sustainability and exploitation of the stocks of

this species. Appropriate management and providing solutions to prevent illegal fishing and overfishing of stocks should be considered the most important priorities for the protection of Caspian Sea fishery resources, especially sturgeon.

Cite this article: Mirrasouli, Elham, Ghorbani, Rasoul, Gorgin, Saeed, Jalali, Ali, Aghilinejhad, Seyed Mostafa. 2025. Dynamics of the future state of fishing of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) in the southern shores of the Caspian Sea. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (1), 55-68.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/japu.2024.21939.1832

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پویایی وضعیت آینده صید تاس‌ماهیان (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) در سواحل جنوبی دریای خزر

الهام میررسولی^۱، رسول قربانی^{۲*}، سعید گرگین^۳، علی جلالی^۴، سیدمصطفی عقیلی‌نژاد^۵

۱. دکتری تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: elhammirrasooli@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: rasulghorbani@gmail.com
۳. دانشیار گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: sgorgin@gmail.com
۴. انستیتو تحقیقات سواحل، دانشگاه علوم کشاورزی، ۷۴۲۴۲ ملبورن، استرالیا.
رایانامه: jalalife@gmail.com
۵. مدیریت امور ماهیان خاویاری استان گلستان، گرگان، ایران.
رایانامه: aghilinejad01341@gmail.com

چکیده	اطلاعات مقاله
سابقه و هدف: تاس‌ماهی ایرانی (<i>Acipenser persicus</i>, Borodin 1897) یکی از بارزترین ماهیان در دریای خزر به حساب می‌آید و بیش‌ترین ذخایر آن در بخش جنوب‌شرقی دریای خزر می‌باشد. هدف این پژوهش، پیش‌بینی وضعیت صید ذخایر تاس‌ماهی ایرانی در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل پویایی است. تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۱ واژه‌های کلیدی: سواحل جنوبی دریای خزر، مدل پویایی، <i>Acipenser persicus</i> یافته‌ها: در بررسی جمعیت ماهیان خاویاری ایرانی بر اساس نرخ رشد نمایی و تأثیر پارامترهای محیطی سرعت باد (ساعت ۶ بعد از ظهر) و جهت باد (ساعت ۱۲ ظهر) با استفاده از مدل پویا نتایج نشان داد که با توجه به اندازه جمعیت اولیه تاس‌ماهی ایرانی معادل ۱۵۳ قطعه در سال ۱۳۹۷؛ ادامه روند صید کنونی (براساس سناریوی نرخ برداشت ۰/۴)، روند نابودی این گونه ادامه داشته و تا سال ۲۰۵۰ منقرض خواهد شد. در حالی که، فرض نرخ ثابت برداشت از جمعیت معادل ۰/۲ در سال (کاهش صید ماهیان خاویاری به نصف میزان صید شده در شرایط	نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی

حاضر؛ تا ۳۰ سال آینده (۲۰۵۰) میزان برداشت ذخایر تاس‌ماهی ایرانی سیر صعودی داشته تا جایی که ذخایر این گونه قابلیت بازسازی کامل خود را دارا می‌باشند.

نتیجه‌گیری: در شرایط حاضر، میزان صید تاس‌ماهی ایرانی در سواحل جنوبی دریای خزر به سطح مجاز بهره‌برداری (MSY) رسیده است و باید در جهت پایداری و بهره‌برداری از ذخایر این گونه از هر گونه افزایش ظرفیت صیادی پرهیز شود. مدیریت مناسب و ارائه راهکارهای جلوگیری از وقوع صید غیرقانونی و برداشت بیش از حد ذخایر از مهم‌ترین اولویت‌های حفاظت‌های منابع شیلاتی دریای خزر به‌خصوص ماهیان خاویاری در نظر گرفته شود.

استناد: میررسولی، الهام، قربانی، رسول، گرگین، سعید، جلالی، علی، عقیلی‌نژاد، سیدمصطفی (۱۴۰۴). پویایی وضعیت آینده صید تاس‌ماهیان (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) در سواحل جنوبی دریای خزر. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۴ (۱)، ۶۸-۵۵.

DOI: 10.22069/japu.2024.21939.1832



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

دریای خزر به عنوان یکی از اکوسیستم‌های آبی ایران و بزرگ‌ترین دریاچه لب‌شور جهان محسوب می‌شود (۱). دریای خزر زیستگاه ماهیان تجاری باارزشی هم‌چون ماهیان خاویاری (فیل‌ماهی، ازون‌برون، قره‌برون، چالباش، شیپ و استرلیاد) می‌باشد، به‌طوری‌که بخش عمده‌ای از ماهیان خاویاری جهان (۹۰-۹۲ درصد) از دریای خزر صید می‌شود (۲). این گونه‌های باارزش ذخیره منحصربه‌فرد ژنتیکی دریای خزر هستند که نه تنها از لحاظ علمی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند، بلکه در تولید گوشت و خاویار و کسب و درآمدهای ارزی، ایجاد اشتغال و توسعه صنعت گردشگری، سهم به‌سزایی را ایفا می‌نمایند (۳). تاس‌ماهی ایرانی یا قره‌برون با نام علمی *Acipenser persicus*, Borodin 1897 در حوزه جنوبی دریای خزر بومی ایران به حساب می‌آید و جایگاه ویژه‌ای در ترکیب و میزان صید ماهیان خاویاری در کشور ایران دارد (۴) و بیش‌ترین ذخایر این ماهی در جنوب شرقی دریای خزر یافت می‌شوند و در قسمت‌های شمالی آن به ندرت دیده می‌شود (۳). ولی متأسفانه به دلیل صید بی‌رویه، منجر به کاهش قابل توجه جمعیت آن‌ها شده است (۵، ۶، ۷) که در نتیجه به عنوان گونه‌های در معرض تهدید در اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) فهرست شده است (۸). امروزه صید غیرمجاز یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات و موانع اصلی برای صید پایدار در سرتاسر جهان می‌باشد (۹، ۱۰، ۱۱)؛ بنابراین کاهش این نوع صید از اهمیت خاصی برخوردار بوده، زیرا حضور گسترده بهره‌برداران غیرقانونی هر گونه امکان را برای ارزیابی وضعیت ذخایر آبزیان برای مدیریت پایدار در صنعت شیلات تضعیف می‌کند (۱۲). در آغاز قرن بیستم، صید ماهیان خاویاری حدود ۴۰۰۰۰ تن بود (۱۳) و ۸۰ تا ۹۰ درصد خاویار جهان در دریای خزر

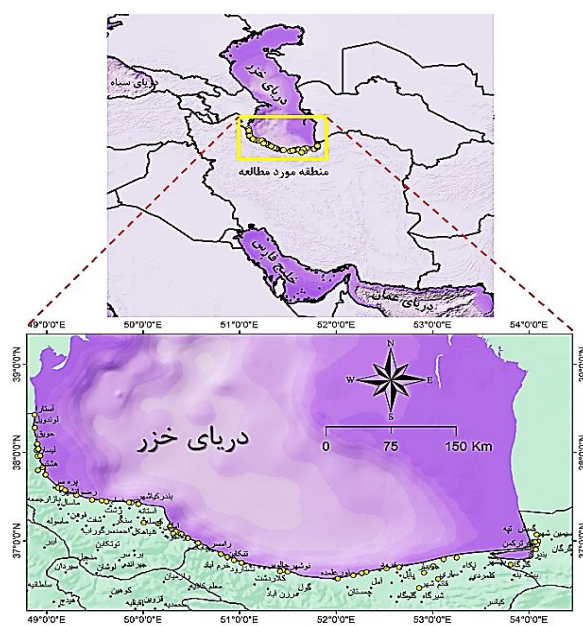
تولید می‌شد (۱۴). اما در سال‌های اخیر میزان صید و ذخایر ماهیان خاویاری دریای خزر روند کاهشی بسیار شدیدی داشته؛ به‌طوری‌که صید آن‌ها از ۲۸۵۰۰ تن در سال ۱۹۸۵ به کم‌تر از ۸۶۱ تن در سال ۲۰۰۹ (۸) و ۹۷/۶ تن در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است (۱۵). نتایج مطالعات پیشین انجام شده بر روی ذخایر ماهیان خاویاری ایرانی نشان دادند که ذخایر ماهیان خاویاری به دلیل صید بی‌رویه، شکار غیرقانونی و تخریب محیط زیست به‌طور چشم‌گیری کاهش یافته است (۱۶، ۱۷، ۱۸).

استلا Stella، نرم‌افزار نموداری، برای مدل‌سازی و آموزش و پژوهش به کمک مطالب نظری و کتاب‌خانه‌ای و اطلاعات میدانی است. یکی از کاربردهای نرم‌افزار استلا، مطالعه بر روی پویایی جمعیت حیات وحش می‌باشد. به کمک این نرم‌افزار می‌توان تغییرات جمعیت گونه‌ها (به‌ویژه گونه‌های تهدید شده و یا کلیدی) را برای سال‌های آینده با مدل‌سازی مناسب پیش‌بینی کرد. در سال ۱۹۹۶، McCarthy مدلی برای پویایی جمعیت کانگروها ارائه کرد. با توجه به این‌که در ایران مطالعات اندکی درباره پویایی جمعیت گونه‌ها با رویکرد مدیریتی و حفاظتی صورت گرفته؛ چنین مطالعاتی می‌تواند الگویی کاربردی برای روش‌های نوین مدیریتی باشد. مدل‌سازی پویایی جمعیت‌ها به مدیران شیلاتی کمک می‌کند تا در زمان کوتاهی، تغییرات جمعیت در سال‌های آینده را پیش‌بینی و عوامل تهدیدکننده جمعیت‌ها را شناسایی و تصمیم‌های مدیریتی مانند مقدار صید مجاز، عدم صید و یا بهبود شرایط رهاسازی و نیز به‌سازی زیستگاه را اتخاذ کنند (۱۹).

با توجه به آن‌که در صورت تداوم وضع موجود، آینده بسیار وخیمی در انتظار میزان ذخایر تاس‌ماهی ایرانی می‌باشد؛ بنابراین، ارزیابی و پیش‌بینی مقادیر صید تاس‌ماهی ایرانی در سال‌های آتی با در نظر

جهت بهبود مدیریت و حفاظت خواهد داشت. هدف این پژوهش پیش‌بینی وضعیت صید ذخایر تاس‌ماهی ایرانی در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل پویایی استلا است.

گرفتن شرایط موجود امری ضروری به حساب می‌آید. به همین دلیل است که بررسی پیش‌بینی صید ذخایر ماهیان خاویاری ایرانی در سواحل جنوبی دریای خزر در سال‌های آینده با توجه به وضعیت فعلی صید و میزان ذخایر برداشت شده از آن‌ها گام مهمی در



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه در نواحی جنوبی دریای خزر.

Figure 1. Map of the study area in the southern areas of the Caspian Sea.

برای به‌دست آوردن رشد نمایی جمعیت ماهی (تولید جمعیت)، از اطلاعات صید سال‌های قبل استفاده گردید. ذکر این نکته ضروری است که در جمعیت یک گونه مهاجر، تراکم سالانه جمعیت نوسانات شدیدی دارد و نمی‌توان عامل مهاجرت را نادیده گرفت. در این شرایط ممکن است معادله‌ای با خطای استاندارد بالا و عدم وجود رابطه خطی با پارامترها (به دلیل کم‌تر بودن مقدار R^2) حاصل شود که برای مدل‌سازی از اعتبار پایینی برخوردار است. آمار پارامترهای اقلیمی از اداره کل هواشناسی استان‌های گلستان، مازندران و گیلان برای سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۶ تهیه شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی: در این بررسی، سواحل جنوبی دریای خزر (استان‌های گلستان، مازندران و گیلان) به طول حدود ۸۰۰ کیلومتر در صیدگاه‌های مخصوص صید ماهیان خاویاری (۱۳ صیدگاه در استان گیلان، ۱۹ صیدگاه در استان مازندران و ۵ صیدگاه در استان گلستان) تعیین گردید (شکل ۱).

- **مدل پویایی استلا:** برای بررسی پویایی جمعیت ماهیان خاویاری ایرانی بر اساس نرخ رشد نمایی و تأثیر پارامترهای محیطی، از مدل پویا با استفاده از نرم‌افزار استلا استفاده شده است (۱۹).

$$\text{رشد نمایی} = \ln \left(\frac{N_t}{N_{t+1}} \right)$$

کدام یک از این نرخ‌ها، بیش‌ترین تأثیر را بر میزان برداشت جمعیت سالانه تاس‌ماهی ایرانی دارد. در نمودار صحت‌سنجی، نرخ‌های برداشت از ۰/۲ تا ۰/۶ در ۵ طبقه در نظر گرفته‌شده و مقدار جمعیت براساس نرخ بهره‌برداری پیش‌بینی‌شده و داده‌های موجود محاسبه و سپس برترین سناریو انتخاب و برای شبیه‌سازی تا سال ۲۰۵۰ در نظر گرفته شد (۲۰). به‌منظور محاسبه رشد جمعیت، با نرم‌افزار SPSS22، تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روی رشد نمایی این جانور در قالب یک معادله رگرسیونی چندگانه بررسی شده است.

نتایج و بحث

رابطه بین میزان رهاسازی بچه‌ماهیان به رودخانه‌ها، میزان صید گزارش شده و ضریب بازگشت شیلاتی مورد انتظار ماهیان با توجه به ظرفیت حداقلی تکثیر طبیعی به دلیل شرایط نامناسب رودخانه‌ها جهت تکثیر مولدین در سواحل جنوبی دریای خزر بررسی گردید. جهت صحت‌سنجی داده‌های صید گزارش شده با داده‌های مربوط به رهاسازی ماهیان و بازگشت شیلاتی ماهیان مولد (با میانگین ۱۴ ساله سن و ۲۵-۳۰ کیلوگرم وزن)، ضرایب بازگشت شیلاتی از حداکثر ۰/۰۰۱۵ در سال‌های ۱۹۹۶ تا ۰/۰۰۰۰۵ در سال‌های ۲۰۰۴ به بعد مورد آزمون قرار گرفت. به‌نظر می‌رسد وضعیت ضریب بازگشت شیلاتی به دلیل شرایط نامناسب وزن بچه‌ماهیان رهاسازی شده و نیز کیفیت نامناسب محل رهاسازی، روند نزولی داشته است (شکل ۲).

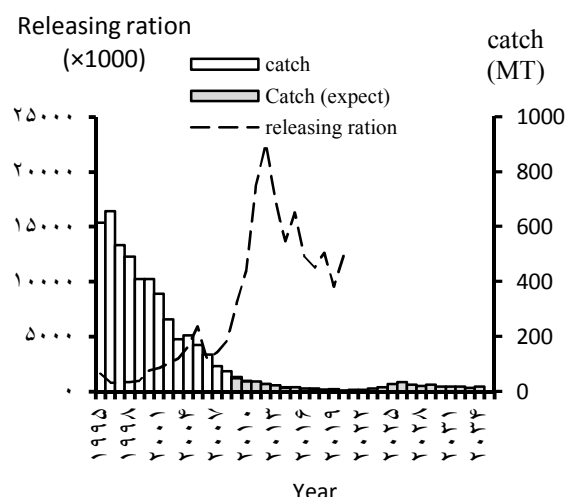
از سویی دیگر در مدل‌سازی پیش‌بینی مقادیر صید تاس‌ماهی ایرانی با نرم‌افزار استلا، برای تعیین عوامل مؤثر و معنی‌دار روی میزان صید تاس‌ماهی ایرانی از آمار صید ۲۷ ساله (۱۳۹۷-۱۳۷۱) استفاده شد.

پارامترهای موردنیاز در مدل پیشنهادی استلا، NYP (اندازه جمعیت قابل‌صید در سال آینده)، TYP (اندازه جمعیت در سال کنونی)، REF (مرگ‌ومیر جمعیت)، H (برداشت از جمعیت)، HR (نرخ برداشت) و PP (تولید جمعیت) هستند. پارامترهای مورد مطالعه در این معادله، N_t (اندازه جمعیت در هر سال)، N_{t+1} (اندازه جمعیت در سال بعد) و پارامترهای محیطی دمای آب (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد) در صبح، ظهر و عصر، میزان بارندگی (میلی‌متر)، میزان تبخیر (میلی‌متر) در صبح، ظهر و عصر و جهت باد (درجه) هستند.

$$PP = \text{Exp} (1.846 - 0.013WD12 + 0.322WF18 + 0.0001TYP) + TYP$$

$$R = 0.837, R^2 = 0.70$$

با استفاده از اطلاعات ذکرشده و معادله حاصل، یک مدل پویایی جمعیت با نرم‌افزار استلا ایجاد شد که در آن پویایی جمعیت این‌گونه، در حالتی‌که از آن به میزان مشخصی برداشت می‌شود، شبیه‌سازی شد. هم‌چنین، اثر میزان متفاوت صید بر روی جمعیت آن نیز مورد آزمون قرار گرفت. کاهش جمعیت ماهی تاس‌ماهی ایرانی به میزان ثابت ۰/۵ در سال در نظر گرفته شد. اگر میزان برداشت نسبت ثابتی از جمعیت هر سال باشد، با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی به‌صورت ثابت، نرخ‌های متفاوتی از صفر تا یک در نظر گرفته می‌شود. به‌این صورت می‌توان نشان داد

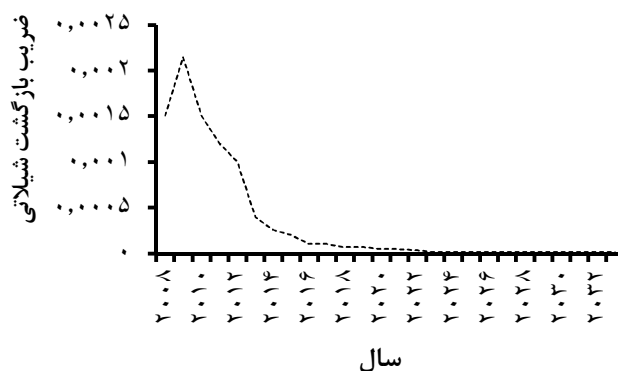


شکل ۲- ارتباط بین میزان رهاسازی و صید تاس‌ماهی ایرانی در سواحل دریای خزر.

Figure 2. Relationship between release rate and catch of Iranian carp on the coast of the Caspian Sea.

وضعیت ضریب بازگشت شیلاتی روند نزولی داشته است و با توجه به قانون ممنوعیت صید جهت حفاظت و حراست از ماهیان خاویاری در ۱۰ سال اخیر روند ثبات پیدا کرده است (شکل ۳).

در بررسی رابطه بین میزان رهاسازی و بازگشت شیلاتی ماهیان با توجه به ظرفیت بسیار حداقلی تکثیر طبیعی به دلیل شرایط نامناسب رودخانه‌ها در بخش جنوبی دریای خزر، نتایج به دست آمده نشان داد که با توجه به بازگشت ماهیان با میانگین ۱۴ ساله سن،



شکل ۳- میزان ضریب بازگشت شیلاتی احتمالی تاس‌ماهیان ایرانی.

Figure 3. Probable fishery returns coefficient of Iranian sturgeon fish.

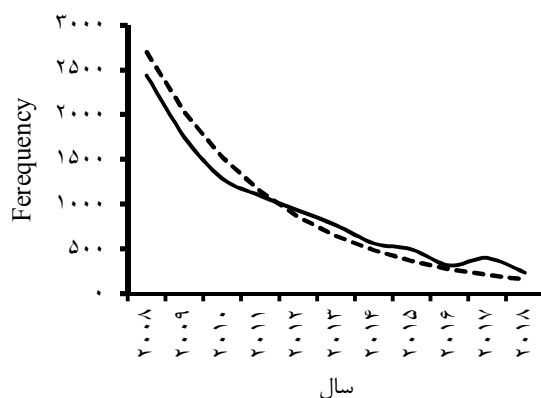
شد. بدین ترتیب می‌توان نشان داد که کدام یک از این نرخ‌ها، بیش‌ترین میزان برداشت از جمعیت سالانه تاس‌ماهی ایرانی به دست می‌آید. ابتدا به منظور صحت‌سنجی مدل و نیز پارامترهای محیطی، از صیدهای صورت گرفته در ۱۰ سال اخیر استفاده

اگر میزان برداشت، نسبت ثابتی از جمعیت هر سال باشد، با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی در شرایط نرمال، نرخ‌های متفاوتی از صفر تا یک در نظر گرفته می‌شود بدین منظور، کاهش جمعیت تاس‌ماهی ایرانی دامنه مقادیر HR از ۰/۲ تا ۰/۶ در نظر گرفته

تا سال‌های آینده به سوی کاهش شدید سوق دهد و نیازمند حفاظت و حمایت از آن است. پس از رسم نمودار کاهش جمعیت تاس ماهی ایرانی در محدوده ۰/۴ به صحت‌سنجی آمار صید با آمار صید شیلات پرداخته شد (شکل ۴). براساس نتایج حاصل از صحت‌سنجی میتوان بیان نمود که مدل پیشنهادی برای پیش‌بینی جمعیت تاس ماهی ایرانی با آمار و داده‌های واقعی صید در سواحل جنوبی دریای خزر در یک راستا می‌باشد. بدین معنی که طرح پیشنهادی ارائه شده مناسب بوده و می‌توان برای پیش‌بینی مقادیر صید ۱۰ سال آینده به کار گرفت.

گردید تا بتوان روند کاهش را پیش‌بینی کرد. در مدل پویایی با نرم‌افزار استلا (۱۵)، اندازه جمعیت در سال کنونی (TYP) معادل حدود ۲۵۰۰ قطعه ماهی در سال ۱۳۸۷ به عنوان جمعیت اولیه (کل صید بخش جنوبی دریای خزر) در نظر گرفته شد.

با توجه به ممنوعیت صید ماهیان خاویاری مورد قبول کشورهای حاشیه دریای خزر با در نظر گرفتن سناریو ۰/۲ تا ۰/۶ برداشت، می‌توان صید تاس ماهی ایرانی را برای ۱۰ سال آینده (از ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸) پیش‌بینی کرد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی تصادفی نشان می‌دهد که این راهبرد می‌تواند جمعیت ماهی را



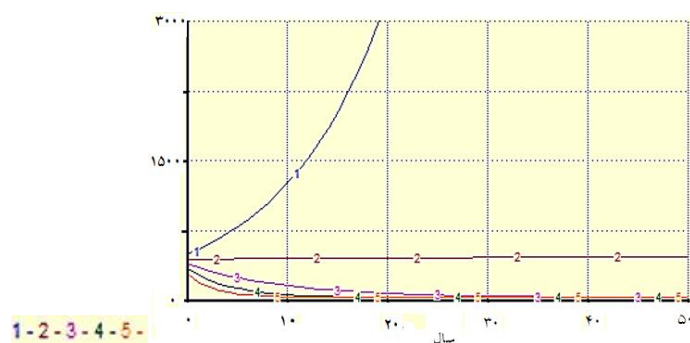
شکل ۴- صحت‌سنجی آمار صید تاس ماهی ایرانی با آمار صید شیلات.

خط پر: داده‌های صید سواحل جنوبی دریای خزر، خط چین: داده‌های پیش‌بینی با نرخ برداشت ۰/۴.

Figure 4. Verification of Iranian fish catch with fishery catch.
Black line: catch data from the southern coast of the Caspian Sea, dashed line: forecast data with a harvest rate of 0.4.

مقادیر صید بتا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی گردید. باید توجه داشت که در سال‌های اخیر وزن متوسط ماهیان صیدشده حدود ۲۰ کیلوگرم بوده است (شکل ۵).

مقادیر پیش‌بینی‌شده در سال ۲۰۱۸ تقریباً ۱۵۴ تاس ماهی ایرانی با وزن متوسط حدود ۳۰ کیلوگرم بوده که معادل حدود ۵ تن است. سپس میزان برداشت، با در نظر گرفتن سناریوی موجود (نرخ برداشت ۰/۴)، با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی،



شکل ۵- سناریوهای قابل پیش‌بینی اندازه جمعیت تاس‌ماهی ایرانی در ۵۰ سال آینده (NYP)

(نرخ‌های برداشت ۱=۰/۲، ۲=۰/۳، ۳=۰/۴، ۴=۰/۵، ۵=۰/۶).

Figure 5. Predictable scenarios for the size of the Iranian carp population in the next 50 years (NYP) (harvest rates 1=0.2, 2=0.3, 3=0.4, 4=0.5, 5=0.6).

محیطی ایجاد شده توسط فعالیت‌های انسانی که به دلیل توسعه جمعیت و صنعتی شدن می‌باشد؛ از عوامل اصلی این روند نزولی در جمعیت تاس‌ماهیان دریای خزر می‌باشد (۲۶). به‌طوری‌که براساس نتایج به‌دست آمده در پژوهش‌های میررسولی و همکاران (۲۰۲۰) مشخص گردید که در سال‌های اخیر، صید غیرقانونی و برداشت بیش از حد ذخایر ماهیان خاویاری به‌خصوص تاس‌ماهی ایرانی در دریای خزر و نیز عدم رعایت وزن مناسب بچه‌ماهیان رهاسازی شده به رودخانه و از طرف دیگر کیفیت نامناسب آب رودخانه‌های محل رهاسازی از علل اصلی کاهش ذخایر ماهیان خاویاری به‌خصوص قره‌برون بوده است (۱۷). تمامی این عوامل باعث گردید که تاس‌ماهیان دریای خزر جزو گونه‌های به‌شدت در معرض انقراض قرار گیرند (۲۷). در نتیجه ضروری است که این گونه از لحاظ حفاظتی بیش‌تر مورد توجه قرار گیرد، زیرا در صورت ادامه یافتن عوامل کاهش جمعیت این گونه ماهی، به‌ویژه صید غیرمجاز، این گونه با خطر انقراض در ایران مواجه خواهیم بود.

بنابراین، در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار استلا، به بررسی پویایی وضعیت آینده صید ماهیان قره‌برون در سوال جنوبی دریای خزر پرداخته شد.

با توجه به شکل ۵، به‌نظر می‌رسد ادامه روند صید کنونی (براساس سناریوی نرخ برداشت ۰/۴) نشان می‌دهد میزان صید ماهیان خاویاری نزدیک به صفر خواهد شد. در حالی‌که رعایت حتی نرخ برداشت ۰/۳ نیز حداکثر می‌تواند میزان صید کنونی را ۵۰ درصد افزایش دهد؛ ولی با فرض نرخ ثابت برداشت از جمعیت معادل ۰/۲ در سال تا ۳۰ سال آینده میزان برداشت ذخایر تاس‌ماهی ایرانی افزایش زیادی خواهد یافت.

طی سال‌های گذشته روند بهره‌برداری و صید تجاری تاس‌ماهیان دریای خزر سیر نزولی داشته و گزارش‌ها بیانگر کاهش شدید میزان صید این ماهیان در کشورهای حاشیه دریای خزر است (۲۱). به‌طوری‌که نتایج مطالعات انجام شده بیانگر آن می‌باشد که میزان صید تاس‌ماهیان ایرانی در سواحل استان گلستان کاهش ۷۵ درصدی (۲۲، ۲۳) و میزان صید فیل‌ماهی در سواحل استان گلستان کاهش بیش از ۹۰ درصدی را به‌دنبال داشته است (۲۴). از سویی، نتایج مطالعات دیگر بیانگر آن می‌باشد ذخایر و صید تاس‌ماهی روسی نیز در آب‌های ایران در سه دهه اخیر کاهش چشمگیری داشته است (۲۵). بررسی‌ها بیانگر این مطلب می‌باشد که عوامل استرس‌زای

نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر نشان داد که با توجه به اندازه جمعیت اولیه تاس‌ماهی ایرانی در سواحل جنوبی دریای خزر در سال ۲۰۱۸ که تنها برابر با ۱۵۳ قطعه می‌باشد. به‌نظر ادامه روند صید کنونی (براساس سناریوی نرخ برداشت ۰/۴) نشان می‌دهد با این‌که قانون منع صید به تمام کشورهای حاشیه دریای خزر ابلاغ شده؛ با این‌حال، به‌دلیل صید غیرمجاز و نیز صید ماهیان نابالغ به‌خاطر عدم رعایت اندازه چشمه مناسب تور، روند نابودی ماهیان خاویاری ادامه دارد؛ به‌طوری‌که این گونه ماهی در سواحل جنوبی دریای خزر تا سال ۲۰۵۰ منقرض خواهد شد. این در حالی است که با توجه به میزان اندازه جمعیت اولیه و با فرض نرخ ثابت برداشت از جمعیت معادل ۰/۲ در سال (کاهش صید ماهیان خاویاری به نصف میزان صید شده در شرایط حاضر)؛ تا ۳۰ سال آینده (۲۰۵۰) میزان برداشت ذخایر تاس‌ماهی ایرانی سیر صعودی داشته تا جایی که ذخایر این گونه قابلیت بازسازی کامل خود را دارا می‌باشند. به‌طورکلی، نتایج حاصل از شبیه‌سازی تصادفی نشان داد که ذخایر این گونه ماهی نیازمند حفاظت و حمایت بیشتری از سوی مدیران و مسئولین می‌باشد و باید مدیریت کارتر و مناسب‌تر جهت حفاظت این ماهیان باارزش انجام شود. در راستای نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که دیک و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعات خود بیان نمود که استفاده از مدل DB-SRA به‌عنوان یک روش اساسی برای تعیین عملکرد پایدار ذخایر آبی که با کمبود اطلاعات مواجه هستند؛ با توجه به میزان مرگ و میر طبیعی، سن بلوغ و تاریخچه صیادی و وضعیت ذخایر برای دستیابی به تولید پایدار قابل استفاده می‌باشد (۲۸). هم‌چنین، یی و والبو- یورگنسن (۲۰۱۲) با استفاده از مدل SRA به ارزیابی پویایی جمعیت اوزون‌برون پرداختند و نشان دادند که اگر

میزان صید غیرقانونی در سطح فعلی ادامه یابد، بدون این‌که بازسازی ذخایر در دریای خزر صورت گیرد، این‌گونه در طی دهه‌های آینده منقرض خواهد شد (۲۹). از سویی نتایج مطالعات اسوکا و همکاران (۲۰۱۸) که با استفاده از مدل DB-SRA به شبیه‌سازی رشد جمعیت *Acipenser fulvescens* از سال ۱۹۲۹ تا ۲۰۱۸ پرداختند نشان داد که میزان ظرفیت نهایی قابل تحمل ۲۲۶۵۲ تن تخمین زده شد و در صورتی‌که میزان بهره‌برداری از ذخیره به میزان ۳۷ درصد بیش‌تر از مقدار لازم برداشت برای رسیدن به حداکثر تولید پایدار بود؛ میزان ذخایر این گونه در سال‌های آتی منقرض می‌گردد (۳۰).

نتیجه‌گیری

با توجه به‌نتایج به‌دست آمده از مدل‌های پیشنهادی در پژوهش حاضر این‌گونه، می‌توان بیان نمود که این مدل‌ها می‌توانند در آینده گسترش یابند. هم‌چنین، می‌تواند درک بهتری از فرآیندهای تحول در زمان فعلی فراهم نماید. با وجود این‌که در این پژوهش محدودیت‌هایی مانند فقدان آمار دقیق و اطلاعات کافی از صید غیرمجاز و نیز کمبود اطلاعات هواشناسی برای ارتقای مدل وجود داشت؛ اما می‌توان به‌عنوان گامی مقدماتی و الگویی جهت نشان دادن ضرورت حفاظت از این‌گونه محسوب شود. از سویی دیگر، استفاده از سناریوهای پیش‌بینی متداول به‌منظور تعریف مرزهای ایمن و عادلانه، ممکن است باعث نادیده انگاشتن محدوده کل مسیرها و تعاملاتی شود که سیستم را به سمت نتایج نامطلوب سوق می‌دهند. به‌ویژه برای سیستم‌های وابسته به بازخورد مانند شیلات که در آن اگر هر یک از عوامل مؤثر اندکی تغییر کنند، می‌تواند فاجعه به بار آورد (۳۱). با این‌حال، مدل‌هایی که دارای داده‌ها یا پردازنده فشرده (مدل‌های ارزیابی یکپارچه) هستند و منابع محاسباتی

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: آنالیز داده‌ها، تحلیل داده‌ها و نگارش پیش‌نویس مقاله.
نویسنده دوم و سوم: نگارش، پژوهش، اصلاح و بازبینی نهایی مقاله.
نویسنده چهارم و پنجم: مشارکت در آنالیز داده‌ها.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه نویسندگان است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب گرنت اختصاص یافته به رساله دکتری است.

داده‌ها و اطلاعات

این پژوهش بر اساس داده‌های رساله دکتری نویسنده اول نگارش شده است.

ندارد، برای ایجاد یک مسیر قابل قبول، مناسب هستند. از این‌رو، مدل‌سازی‌ها با شناسایی عوامل مؤثر برای مدیریت صید و نیز صیادان در محدوده پایدار و ارزیابی مقاومت از رویکردهای حاکمیت جایگزین، مفهوم گذشته‌نگر «فضاهای امن و عادلانه» را به ابزاری آینده‌نگر برای ماهیگیری فعالانه سیستم تبدیل می‌کند (۳۲). در نتیجه مدیریت مناسب و ارائه راهکارهای جلوگیری از وقوع صید غیرقانونی و برداشت بیش از حد ذخایر از مهم‌ترین اولویت‌های حفاظت‌های منابع شیلاتی دریای خزر به خصوص ماهیان خاویاری باید در نظر گرفته شود. هم‌چنین می‌توان گفت که میزان صید تاس‌ماهی ایرانی در سواحل جنوبی دریای خزر به سطح مجاز بهره‌برداری (MSY) رسیده است و باید در جهت پایداری و بهره‌برداری از ذخایر این گونه از هر گونه افزایش ظرفیت صیادی پرهیز شود.

منابع

1. Kamza, A. T., Kuznetsova, I. A., & Levin, E. L. (2023). Prediction of the flooding area of the northeastern Caspian Sea from satellite images. *Geodesy and Geodynamics*, 14 (2), 191-200. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2022.08.003>.
2. Ermolin, I., & Svolkinas, L. (2016). Who owns sturgeon in the Caspian? New theoretical model of social responses towards state conservation policy. *Biodiversity and Conservation*, 25, 2929-2945. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1211-x>.
3. Farhani, M. (2015). The effects of sturgeon breeding in pen culture on water quality and benthic communities in the Gorgan Bay. Ph.D. Thesis. Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. 111p.
4. Raeis, H., Moradi Nasab, A. A., Patimar, R., Kamrani, E., & Haghparast, S. (2019). Population dynamic of *Acipenser persicus* by Monte Carlo simulation model and Bootstrap method in the southern Caspian Sea (Case study: Guilan province). *Applied fisheries research*. 7 (3), 31-44. <http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-398-en.html>.
5. Nazeri, S., Amiri, B. M., Farahmand, H., & Raine, J. C. (2019). Triiodothyronine reduces toxic effects of diazinon in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) embryos. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology &*

- Pharmacology*, 224, 108557. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.06.001>.
6. Haghshenas, E., Gholamalifard, M., & Mahmoudi, N. (2021). Ecosystem services trade-offs informing impacts of marine aquaculture development in the southern Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112792. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112792>.
7. Pourkazemi, M. (2006). Caspian Sea Sturgeon Conservation and Fisheries: Past present and Future. *Journal of Applied Ichthyology*, 22. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00923.x>.
8. Iranian Fishery Statistics Yearbook (IFS Y). (2008). Sturgeons fishing statistic in southwest Caspian Sea. Statistic and Informatics office Iranian fishery. Tehran, Iran. 1-60.
9. Pramod, G., Pitcher, T. J., & Mantha, G. (2017). Estimates of illegal and unreported seafood imports to Japan. *Mar. Policy*, 84, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.06.032>.
10. Daliri, M., Kamrani, E., Jentoft, S., & Paighambari, S. Y. (2016). Why is illegal fishing occurring in the Persian Gulf? A case study from the Hormozgan province of Iran. *Ocean & Coastal Management*, 120, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.020>.
11. Aghilinejad, S. M., Gorgin, S., van Uhm, D., Joolaie, R., Ghorbani, R., Paighambari, S. Y., & Jalali, A. (2018). What are the drivers of the occurrence of illegal fishing and conservation barriers of sturgeons in the Caspian Sea? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28 (3), 690-701. <https://doi.org/10.1002/aqc.2897>.
12. Moutopoulos, D. K., Dimitriou, E., Katselis, G., & Koutsikopoulos, C. (2017). Typology of illegal fishing in transitional waters: Fisheries infringement records from Mesolonghi-Etolikon lagoons (Ionian Sea, Greece). *Ocean and Coastal Management*. 141, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.007>.
13. Sumaila, U. R., Lam, V., Le Manach, F., Swartz, W., & Pauly, D. (2016). Global fisheries subsidies: An updated estimate. *Marine Policy*, 69, 189-193. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.026>.
14. Pourkazemi, M. (2006). Caspian Sea sturgeon Conservation and Fisheries: Past present and Future. *Journal of Applied Ichthyology*, 22. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00923.x>.
15. National Fisheries Science Research Institute. International Sturgeon Research Institute. (2021).
16. Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, 1 (5), e1400253. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>.
17. Mirrasooli, E., Ghorbani, R., Gorgin, S., Aghilinejad, S. M., & Jalali, A. (2019). Factors associated with illegal fishing and fisher attitudes toward sturgeon conservation in the southern Caspian Sea. *Marine Policy*, 100, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.11.028>.
18. Meng, D., Leng, X., Zhang, Y., Luo, J., Du, H., Takagi, Y., & Wei, Q. (2022). Comparison of the structural characteristics and biological activities of chondroitin sulfates extracted from notochord and backbone of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*). *Carbohydrate Research*, 522, 108685. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2022.108685>.
19. McCarthy, M. A. (1996). Red kangaroo (*Macropus rufus*) dynamics: effects of rainfall, density dependence, harvesting and environmental stochasticity. *Journal of Applied Ecology*, 45-53. <https://doi.org/10.2307/2405014>.
20. Pereverzoff, J., & Ackerman, J. (1998). A study of the Florida panthers (*Felis concolor coryi*) population using a dynamic modelling system.
21. Larijani, M., Bandani, G. A., Khosh Qalb, M. R., Khushqalb, S. E., & Enayat Gholampour, T. (2018). Investigating the trends of changes in length, weight, gender, and the amount of sturgeon production and CPUE of sturgeon of the Qaraburon species, *Acipenser persicus*,

- in the southern shores of the Caspian, Golestan province, 2018-2019. *Animal Environment Quarterly*, 11 (4), 163-170.
22. Morshed Enayat, A., Paighambari, S. Y., Zare, P., & Aghilinejad, S. M. (2021). Investigation of fishing changes and growth pattern of *Acipenser persicus* Borodin, 1897 in a ten-year period (2011-2020) in fishing grounds of Golestan province. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 9 (4), 1-10. <http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-744-en.html>.
 23. Moqim, M. (2002). Evaluation of stocks and investigation of some population parameters of Iranian Dice fish (*Acipenser persicus*) in the Iranian shores of the Caspian Sea. *Scientific Journal of Iranian Fisheries*, 11 (4), 118-97.
 24. Murshid Enayat, A., Nagemiri, S. Y., Zare, P., Aghilinejad, S. M., & Bahlke, A. (2022). Data analysis of changes in catch and growth pattern of elephant fish *Huso huso* (Linnaeus, 1758) in fishing grounds of Golestan province in a period of 13 years. *Fisheries*, 75 (4), 495-506.
 25. Moqim, M. (2003). Investigating stocks and some population parameters of Russian Dice fish *Acipenser gueldenstaedtii* in the southern shores of the Caspian Sea. *Scientific Journal of Iranian Fisheries (Persian)*, 12 (4), 173-173.
 26. Banan, A., Forouharmehr, A., Kalbassi, M. R., Esmacilbeigi, M., Bahmani, M., Sadati, M. Y., & Rogan, E. G. (2022). Salinity gradients exacerbate the genotoxicity and bioaccumulation of silver nanoparticles in fingerling Persian sturgeon. *Regional Studies in Marine Science*, 52, 102264. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102264>.
 27. Froese, R. (2005). FishBase. world wide web electronic publication. <http://www.fishbase.org>.
 28. Dick, E. J., & MacCall, A. D. (2011). Depletion-based stock reduction analysis: a catch-based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks. *Fisheries Research*, 110 (2), 331-341. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.05.007>.
 29. Ye, Y., & Valbo-Jørgensen, J. (2012). Effects of IUU fishing and stock enhancement on and restoration strategies for the stellate sturgeon fishery in the Caspian Sea. *Fisheries Research*, 131, 21-29. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.06.022>.
 30. Sweka, J. A., Neuenhoff, R., Withers, J., & Davis, L. (2018). Application of a depletion-based stock reduction analysis (DB-SRA) to Lake Sturgeon in Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 44 (2), 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2018.01.002>.
 31. Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413 (6856), 591-596.
 32. Cooper, G. S., & Dearing, J. A. (2019). Modelling future safe and just operating spaces in regional social-ecological systems. *Science of the Total Environment*, 651, 2105-2117. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.118>.