Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

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

Predicting the Future status of catching the stocks of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) on the coasts of Golestan province by Dynamic Modeling

Ali Rezamand[*1], Rasoul Ghorbani[*2], Hossein Rahmani[3], Abbas-Ali Aghaei Moghadam[4], Rahmat Nadafi[5], Fatemeh Abbasi[6], Mohsen Yahyaei[7]

1. Corresponding Author, Ph.D. Student of Aquatic Ecology, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: alirezamand89@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Fisheries, 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 Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: shemaya1975@yahoo.com
4. Assistant Prof. of Inland Waters Aquatic Stocks Research Center, Golestan, Iran. E-mail: aghaeifishery@gmail.com
5. Associate Prof., Dept. of Aquatic Resources, Department of Coastal Research, Uppsala University of Agricultural Sciences, Sweden. E-mail: rahmat.naddafi@slu.se
6. Inland Waters Aquatic Stocks Research Center, Golestan, Iran. E-mail: f.abbasi59@yahoo.com
7. Fisheries Department of Golestan, Gorgan, Iran. E-mail: mohsenyahyaee@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.23.2023
Revised: 09.01.2023
Accepted: 09.11.2023

Keywords:
Caspian Sea,
Fishing Status,
Harvest Rate,
Persian Sturgeon

ABSTRACT

This study used a dynamic model to predict the fishing status of the Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) along the coast of the Golestan province in the Caspian Sea. The findings indicated that based on the initial population in 2017 equal to 2500 samples of fish if harvested at the current rate, the stocks of this valuable sturgeon fish will be extincted in the next 50 years. However, when considering the harvest rate of 0.2 per year (nearly half of the current catch), the amount of fish harvested will increase so that this stock will completely regain its ability to regenerate itself.

Cite this article: Rezamand, Ali, Ghorbani, Rasoul, Rahmani, Hossein, Aghaei Moghadam, Abbas-Ali, Nadafi, Rahmat, Abbasi, Fatemeh, Yahyaei, Mohsen. 2024. Predicting the Future status of catching the stocks of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) on the coasts of Golestan province by Dynamic Modeling. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (2), 1-11.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.21595.1802
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

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

پیش‌بینی وضعیت آینده صید ذخایر تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) در سواحل استان گلستان با استفاده از مدل‌سازی پویا

علی رضامند*[۱]، رسول قربانی*[۲]، حسین رحمانی[۳]، عباسعلی آقایی‌مقدم[٤]، رحمت ندافی[٥]، فاطمه عباسی[٦]، محسن یحیایی[۷]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری بوم‌شناسی آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: alirezamand89@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استاد گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: rasulghorbani@gmail.com

۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: shemaya1975@yahoo.com

٤. استادیار مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی استان گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: aghaeifishery@gmail.com

٥. دانشیار گروه منابع آبزی، بخش تحقیقات ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی اپسالا، سوئد. رایانامه: rahmat.naddafi@slu.se

٦. مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی استان گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: f.abbasi59@yahoo.com

۷. اداره شیلات استان گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: mohsenyahyaee@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰٥/۰۱
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰٦/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰٦/۲۰

واژه‌های کلیدی:
تاس‌ماهی ایرانی،
دریای خزر،
میزان برداشت،
وضعیت صید

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی پیش‌بینی وضعیت صید تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) در سواحل استان گلستان دریای خزر با استفاده از مدل پویایی استلا انجام شد. نتایج حاصله نشان داد که مطابق مقدار اولیه جمعیت در سال ۱۳۸۷ برابر با ۲۵۰۰ قطعه ماهی، در صورت برداشت با نرخ حال حاضر، ذخایر این ماهی ارزشمند خاویاری تا ۵۰ سال آینده از بین رفته؛ در حالی که با در نظر گرفتن نرخ برداشت ۰/۲ در سال (تقریباً معادل نیمی از صید حال حاضر)، مقدار برداشت ذخایر ماهی قره‌برون سیر افزایشی خواهد داشت به نحوی که این ذخایر کاملاً توانایی بازسازی خودش را باز خواهد یافت.

استناد: رضامند، علی، قربانی، رسول، رحمانی، حسین، آقایی‌مقدم، عباسعلی، ندافی، رحمت، عباسی، فاطمه، یحیایی، محسن (۱۴۰۳). پیش‌بینی وضعیت آینده صید ذخایر تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*, Borodin 1897) در سواحل استان گلستان با استفاده از مدل‌سازی پویا. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۲)، ۱۱-۱.

DOI: 10.22069/japu.2023.21595.1802

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

دریای خزر با محیط زیست طبیعی منحصر به فرد دارای اهمیت زیادی برای جهان و به‌خصوص کشورهای اطراف آن است (۱). متأسفانه در سال‌های اخیر، محیط زیست دریای خزر در اثر بهره‌برداری عظیم انسانی و تخلیه مقادیر زیادی از فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی تحت فشار بسیار زیاد است (۲ و ۳). در دریای خزر پنج گونه ارزشمند تجاری ماهیان خاویاری شامل قره‌برون، شیپ، چالباش، فیل‌ماهی، استرلیاد و ازون‌برون زیست می‌کنند و سهم عمده خاویار دنیا (۹۲–۹۰ درصد) از این اکوسیستم تامین می‌شود (٤).

ماهی قره‌برون یا همان تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) ساکن بخش جنوبی دریای خزر بوده و بیشینه تراکم آن در بخش جنوب شرقی دریای خزر می‌باشد و جمعیت آن در بخش شمالی کم‌تر است (۵) و جایگاه خاصی در میزان صید تاس‌ماهیان ایران دارا می‌باشد (٦). این ماهی با ٦۰ درصد بیشینه سهم ساحل‌آوری را به خود اختصاص داده است (۷).

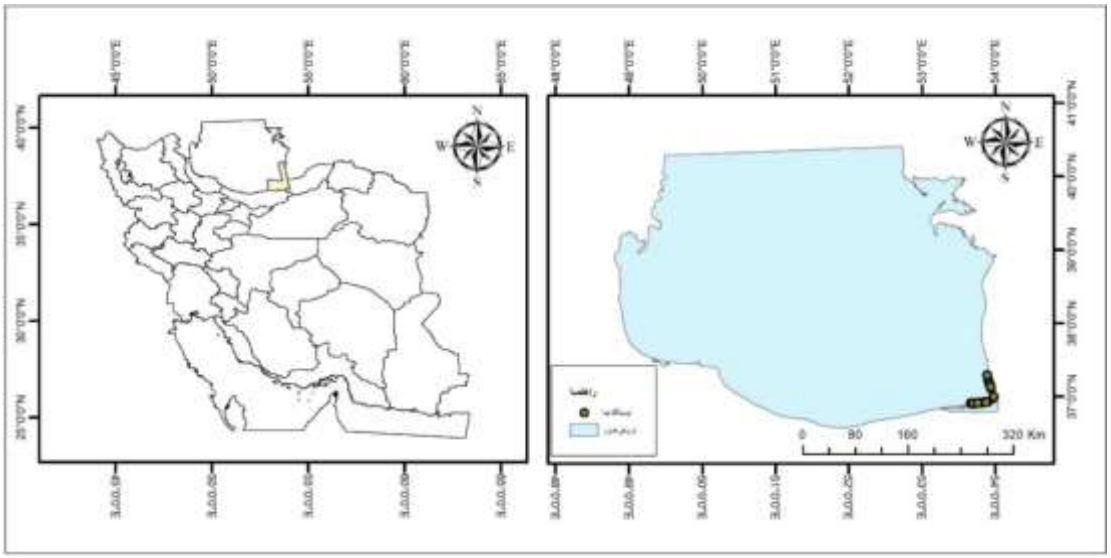
علی‌رغم نابودی‌های قبلی که عوامل طبیعی عامل اصلی مرگ و میر دسته جمعی موجودات بودند، امروزه کم شدن زود هنگام جانوران به‌خصوص تاس‌ماهیان به‌علت استرس حاصل از فعالیت جوامع انسانی به‌خصوص تخریب محل زندگی، آلودگی هیدروکربنی حاصل از استخراج نفت در دریا و هم‌چنین آلودگی شیمیایی دریاچه‌ها و رودها، برداشت بیشینه زیست‌بوم‌های آبی و ... است (۸ و ۹). پارامترهای جغرافیایی و بوم‌شناختی قادرند اثر مهمی را بر اقدامات صیادان درباره تعیین مکان‌های مناسب جهت صید ایفا کنند. پارامترهای ذکر شده درباره برداشت‌های قاچاق به‌علت رفتار غیرقابل پیش‌بینی آن‌ها اعتبار ویژه‌ای دارد چون در بیش‌تر مواقع صیادان مکان مشخصی رو تعیین کرده تا مخفی شوند و در نتیجه هزینه‌ها را کاهش داده و منفعت خود را بالا می‌برند (۱۰).

مقیم (۱۱)، ارزیابی ذخایر و بررسی برخی پارامترهای جمعیتی تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) در سواحل ایرانی دریای خزر را بررسی کرد و بیان داشت که صید در واحد تلاش این ماهی در ده سال گذشته بین ۲/۲٤۹ تا ۲/۹۷۱ کیلوگرم نوسان داشته است. هم‌چنین بیان داشت که در ده سال گذشته میانگین های طول، وزن و سن تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) کاهش داشت و ساختار سنی آن تغییر یافته است. در پژوهش دیگری توسط توکلی و همکاران (۱۲)، ارزیابی ذخایر ماهیان خاویاری در آب‌های ایرانی دریای خزر با روش مساحت جاروب شده طی سال‌های ۸۹–۱۳۸۸ انجام شد و دریافتند که وزن توده زنده ماهیان خاویاری در سال ۱۳۸۸ طی فصول بهار و پاییز به‌ترتیب معادل ۲۰۱۹/٦٦۷ و ۳۰۱٤/۳ تن برآورد شد. این مقدار برای سال ۱۳۸۹ در بهار ۷٦۰/٦ و و در تابستان ۸۵۵ تن محاسبه گردید. هم‌چنین بیان کردند که سیاست‌های شیلات در رهاسازی بچه‌ماهیان خاویاری نتوانسته است که از شدت کاهش ذخایر آن جلوگیری کند. به‌دلیل برداشت بی‌رویه تاس‌ماهیان و زیرپا گذاشتن قانون صید، خطر جدی درباره برداشت پایدار آن‌ها ایجاد شده است (۱۳). با شروع قرن ۲۰ مقدار بهره‌برداری تاس‌ماهیان تقریباً ٤۰ هزار تن (۱٤) بوده است و هم‌چنین بین ۸۰ تا ۹۰ درصد خاویار تولیدی دنیا در دریای خزر به‌وجود می‌آید (۱۵). در سال‌های گذشته، مقدار صید و ذخایر تاس‌ماهیان دریای خزر به‌شدت کاهش یافته است، به‌نحوی‌که میزان صید از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹ به‌ترتیب از ۲۵۸۰۰ تن به کم‌تر از ۷۰۰ تن تقلیل یافته است (۱٦). صید ماهی قره‌برون (*A. persicus*) از ۸٦۱ تن در سال ۱۳۷۱ به ٤۲۰ کیلوگرم در سال ۱۳۹۹ کاهش یافته است و در نتیجه

ذخایر آن به‌شدت کم شده است (۱۷). ماهی قره‌برون (*A. persicus*) در سال‌های گذشته به‌علت برداشت بی‌رویه از آن در خطر انقراض قرار دارد (۱۸) و اگر این وضعیت ادامه داشته باشد این گونه با خطر جدی مواجه شده و در صورت عدم برنامه‌ریزی درست و به موقع و ارزیابی مناسب، این گونه در آینده‌ای نه چندان دور از بین خواهد رفت. بنابراین پژوهش حاضر روند صید و پیش‌بینی میزان برداشت ذخایر ماهی قره‌برون (*A. persicus*) در سواحل استان گلستان را بر اساس مدل پویایی استلا بررسی نموده است.

مواد و روش‌ها

منطقه بررسی شده در پژوهش حاضر؛ سواحل جنوب شرقی دریای خزر به طول تقریباً ۱۰۰ کیلومتر در صیدگاه‌های ماهیان خاویاری استان گلستان تعیین شد (شکل ۱).



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

مدل پویایی استلا[1]: این مدل به‌منظور مطالعه رشد جمعیت بر مبنای ویژگی‌های مرتبط با تراکم و فاکتورهای محیطی برای مطالعه پویایی جمعیت ماهی قره‌برون (*A. persicus*) بر اساس نرخ رشد نمایی به‌کار گرفته می‌شود (۱۹).

$$\text{رشد نمایی} = \text{Ln}\left(\frac{Nt}{Nt+1}\right)$$

به‌منظور دستیابی به رشد نمایی جمعیت تاس‌ماهی ایرانی (تولید جمعیت)، از داده‌های صید مربوط به سال‌های گذشته بهره‌گیری شده است. باید توجه داشت که عامل مهاجرت نقش کلیدی در تراکم سالیانه جمعیت یک گونه دارد و نباید از آن چشم‌پوشی کرد. اطلاعات فاکتورهای اقلیمی از اداره کل هواشناسی گلستان از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ به‌دست آمد. فاکتورهای ضروری به‌منظور استفاده در مدل استلا عبارتند از: PP (تولید جمعیت)، HR (نرخ برداشت)، H (برداشت از جمعیت)، REF (مرگ و میر جمعیت)، TYP (اندازه جمعیت در سال کنونی) و NYP (اندازه جمعیت قابل صید در سال آینده). جهت به‌دست آوردن رشد جمعیت، با استفاده از نرم‌افزار SPSS27، اثر پارامترهای هواشناسی بر رشد نمایی

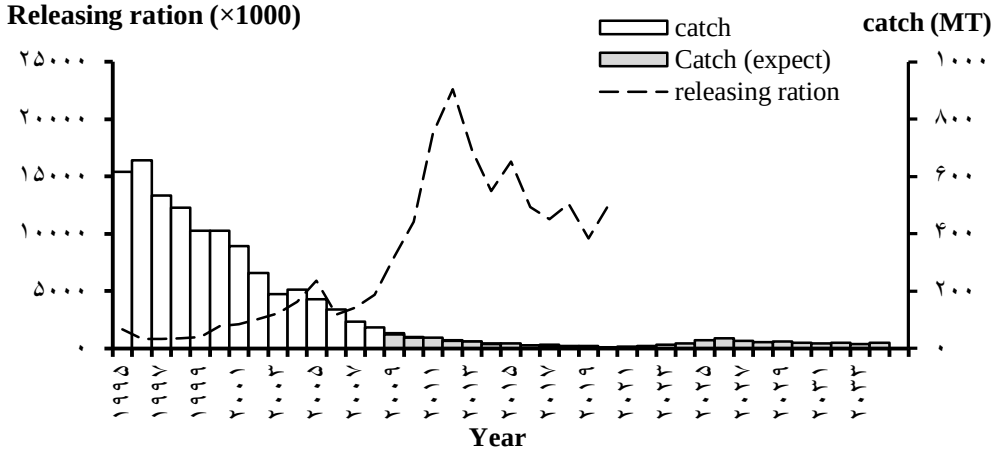
1- Stella

ماهی قره‌برون (*A. persicus*) توسط معادله رگرسیون چندگانه مطالعه شد. فاکتورهای مورد بررسی در این معادله عبارتند از: N_t (اندازه جمعیت در هر سال)، N_{t+1} (اندازه جمعیت در سال بعد)؛ فاکتورهای محیطی نیز شامل: سرعت باد (متر بر ثانیه)، جهت باد (درجه)، میزان تبخیر (میلی‌متر)، رطوبت نسبی (درصد) و دمای آب در صبح، ظهر و عصر می‌باشند. هم‌چنین اثر بازسازی ذخایر مراکز تکثیر روی میزان صید نیز در مدل در نظر گرفته شد.

برای صحت‌سنجی داده‌های صید گزارش شده با داده‌های مربوط به رهاسازی ماهیان و بازگشت شیلاتی ماهیان مولد (با میانگین ١٤ ساله سن و ٣٠ کیلوگرم وزن)، ضرایب بازگشت شیلاتی از حداکثر ٠/٠٠١٥ در سال‌های ١٩٩٦ تا ٠/٠٠٠٠٥ در سال‌های ٢٠٠٤ به بعد مورد آزمون قرار گرفت. براساس داده‌های موجود و معادله به‌دست آمده، مدل پویایی جمعیت با استفاده از نرم افزار استلا ایجاد شد که براساس آن پویایی جمعیت ماهی قره‌برون (*A. persicus*)، زمانی که برداشت از جمعیت به میزان معینی باشد، شبیه‌سازی؛ هم‌چنین، تأثیر متغیر صید روی جمعیت بررسی شد. در صورتی که مقدار برداشت، نسبت مشخصی از جمعیت در هر سال باشد، با فرض ثابت بودن فاکتورهای محیطی، ارزش‌های متغیری از صفر تا یک مد نظراست. بر این اساس می‌توان بیان داشت که کدامیک از نرخ‌ها، باعث بیشینه برداشت جمعیت ماهی قره‌برون (*A. persicus*) در سال می‌شود. بنابراین نرخ‌های برداشت ٠/٦-٠/٥ در ٥ طبقه را در نمودار صحت‌سنجی در نظر گرفته شده و میزان جمعیت مطابق نرخ برداشت برآوردشده و اطلاعات در دسترس بررسی و در نهایت بهترین دیدگاه انتخاب و به‌منظور شبیه‌سازی برای سال‌های آینده در نظر گرفته شد.

نتایج

رابطه بین میزان رهاسازی بچه‌ماهیان به رودخانه‌ها، میزان صید گزارش شد و ضریب بازگشت شیلاتی مورد انتظار ماهیان با توجه به ظرفیت حداقلی تکثیر طبیعی به دلیل شرایط نامناسب رودخانه‌ها جهت تکثیر مولدین در بخش جنوبی دریای خزر بررسی گردید. به‌نظر می‌رسد وضعیت ضریب بازگشت شیلاتی به‌دلیل شرایط نامناسب وزن بچه‌ماهیان رهاسازی‌شده و نیز کیفیت نامناسب محل رهاسازی بچه‌ماهیان روند نزولی داشته است (شکل ٢).



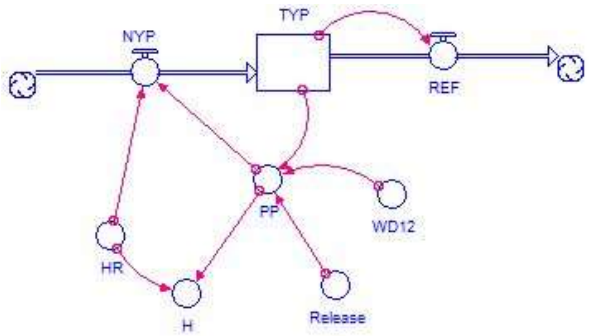
شکل ٢- ارتباط بین میزان رهاسازی و صید تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) در سواحل دریای خزر.

میزان صید ماهی قره‌برون (*A. persicus*) مطابق مدل پیش‌بین در نرم‌افزار استلا، به‌منظور مشخص کردن فاکتورهای تأثیرگذار و معنادار بر مقدار صید قره‌برون (*A. persicus*) از آمار صید ۱۰ ساله (۱۳۸۷-۱۳۹۶) استفاده شد. فاکتورهای ضروری برای مدل پیشنهاد شده شامل: PP (تولید جمعیت)، HR (نرخ برداشت)، H (برداشت از جمعیت)، REF (مرگ‌ومیر جمعیت)، TYP (اندازه جمعیت در سال کنونی)، NYP (اندازه جمعیت در سال آینده) و WD12 (جهت باد در ساعت ۱۲ ظهر) بودند.

$$PP= Exp\ (2.227 - 0.013*WD12 + 0.023*Release + 0.000001*TYP)*TYP$$

$$R=0.810,\ R^2=0.710$$

بنابراین مدل پیشنهادی جهت پیش‌بینی جمعیت ماهی قره‌برون به شکل زیر رسم شد (شکل ۳).

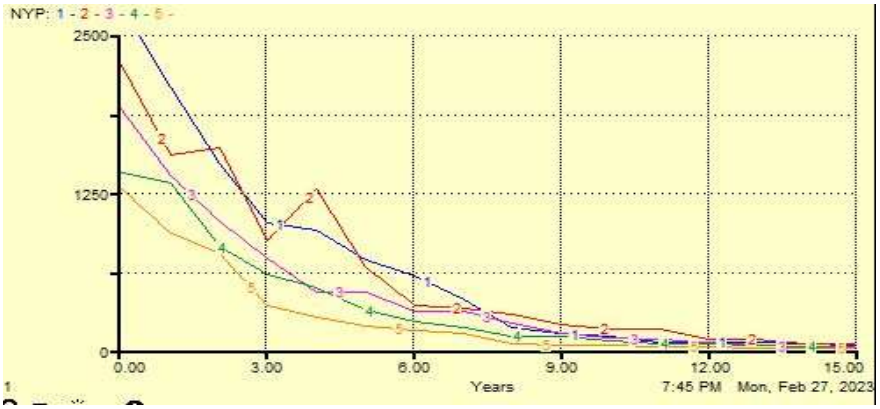


شکل ۳- مدل پیشنهادی نرم‌افزار استلا جهت پیش‌بینی جمعیت ماهی قره‌برون.

به‌علاوه مدل ریاضی طراحی‌شده به شکل زیر فرمول‌نویسی شد.

```
TYP(t) = TYP(t - dt) + (NYP - REF) * dt
INIT TYP = 5000
INFLOWS:
   NYP = PP*(1-HR)
OUTFLOWS:
   REF = TYP*.65
H = HR*PP
HR = .75
PP = EXP(2.227-0.013*WD12+0.023*Release+0.000001*TYP)*TYP
Release = NORMAL(13.9,4.7)
WD12 = NORMAL(212.3,14.3)
```

در صورتی که میزان برداشت به نسبت ثابتی از جمعیت هر سال باشد، با تخصیص دادن فاکتورهای هواشناسی در موقعیت عادی، نرخ‌های متنوعی از صفر تا یک را شامل می‌شود. ابتدا برای سنجش اعتبار مدل و علاوه بر آن فاکتورهای محیطی، برای پیش‌بینی روند کاهش جمعیت از صیدهای صورت گرفته طی ۱۰ سال گذشته بهره‌گیری شد. بر اساس مدل پویا، حجم جمعیت سال جاری (TYP) در سال ۱۳۸۷ برابر با ۲۵۰۰ قطعه ماهی به عنوان جمعیت اولیه (تمام صید منطقه جنوبی دریای خزر) در نظر گرفته شد (شکل ٤).



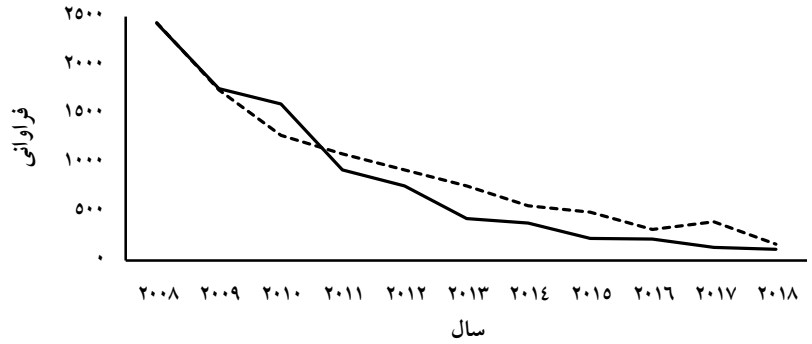
شکل ٤- سناریو قابل پیش‌بینی صید تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) بر اساس نرخ برداشت (۱= ۰/۵، ۲= ۰/۵۲۵، ۳= ۰/۵۵۰، ٤= ۰/۵۷۵، ۵= ۰/٦).

بر اساس بازدارندگی پذیرفته شده صید ماهیان خاویاری توسط کشورهای اطراف دریای خزر با فرض سناریو ۰/۵ تا ۰/٦ برداشت، صید ماهی قره‌برون برای ۱۵ سال آینده (از ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲) را می‌توان پیش‌بینی نمود (شکل ٤ و جدول ۱).

جدول ۱- پیش‌بینی اندازه جمعیت در ۱۵ سال آینده (NYP).

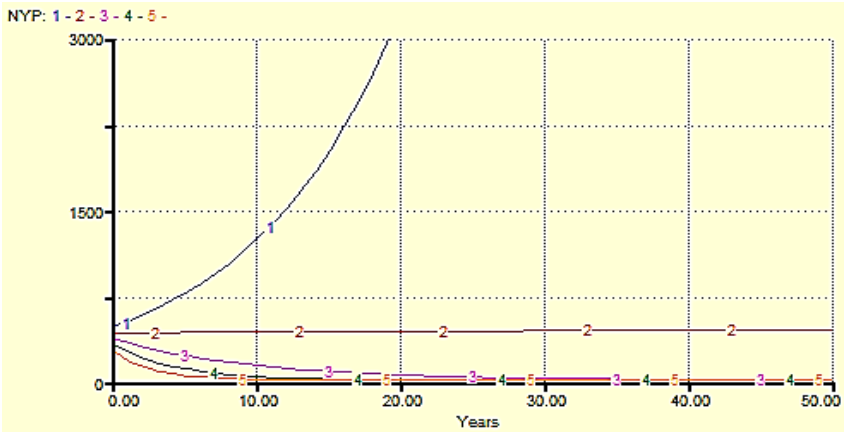
سال/ نرخ برداشت	۰/۵	۰/۵۲۵	۰/۵۵۰	۰/۵۷۵	۰/٦
۲۰۰۸	۲۷٤۵/۲۸	۲۲٦۱/۲۷	۱۹۱٦/۱۷	۱٤۱۰/۷۳	۱۲۸۱/۱۱
۲۰۰۹	۲۰۸٤/۰۸	۱۵٤۳/۹٦	۱۳۸٤/۱۹	۱۳۲٤/۹٤	۹۲٦/۲۲
۲۰۱۰	۱٤۸۰/٦۸	۱٦۰۲/۲۰	۱۰۱۷/۳۲	۸۱۵/۷۱	۷٦۲/۲۳
۲۰۱۱	۱۰۰۸/۲۵	۸٦۵/۷۱	۷۲۳/۱۳	۵۹۹/۷۵	۳٤۷/۳٤
۲۰۱۲	۹٤۲/٦۷	۱۲۷۷/۱۱	٤۵۷/٤٤	٤۸۳/۱٤	۲۵٤/۸٦
۲۰۱۳	۷۰۹/۳۸	٦٤۷/۰٦	٤۵٤/۱۰	۳۱۳/۹۳	۱۸٦/۸٦
۲۰۱٤	۵۸۸/۰۰	۳٤۵/۲۷	۲۹٤/٤۳	۲۱۹/۱٦	۱٤٤/۷۰
۲۰۱۵	۳۹۷/۰۷	۳۲۳/٦۱	۳۰۱/٤۱	۱٦٦/۹۵	۱۲۰/۲۳
۲۰۱٦	۱۷۰/۵۵	۲۷۹/۷۷	۲۰۸/۷۱	۱۰٤/۰٦	٤۱/۳۰
۲۰۱۷	۱۱۹/۸۵	۱۹۰/٦۳	۱۲۸/٤۲	۱۰۳/۰٤	۳۰/٦۵
۲۰۱۸	۹٦/٦۷	۱۵۸/٦۱	۸٦/۲٤	٦٤/۵۹	۳۰/٦۳
۲۰۱۹	۵۵/۸۳	۱٦۱/۷۵	۷٤/۲٤	٤۵/۵۹	۱۸/٦۸
۲۰۲۰	٤۸/٤۸	۸۱/۳٦	۵۳/۱٦	۳۵/۳۹	۱۱/۸۹
۲۰۲۱	۵۵/۱۹	۷۳/۳۲	۲۷/۲۱	۲۵/٦٦	۵/٦۷
۲۰۲۲	۳٦/۷۵	٤٤/۸٤	۱۷/٤۷	۲۰/۲۹	۵/۹۵

به‌طورکلی، نتایج ایجاد شده در اثر شبیه‌سازی نشاندهنده این است که این راهکار موجب کاهش جمعیت ماهی قره‌برون (*A. persicus*) طی سال‌های آتی خواهد شد و برای حمایت از آن باید اقدامات اساسی را انجام داد. رسم نمودار کاهش جمعیت ماهی قره‌برون (*A. persicus*) در محدوده ۰/۵ انجام شد و سنجش صحت اطلاعات صید مدل نیز با اطلاعات صید شیلات مطابقت داشت؛ بنابراین می‌توان بیان داشت که مدل ذکر شده مناسب بوده و به‌منظور پیش‌بینی صید ۱۰ سال آتی قابل اعتماد است.



شکل ۵- صحت‌سنجی آمار قره‌برون (*A. persicus*) با اطلاعات صید شیلات گلستان.
خط پررنگ: اطلاعات صید استان گلستان، خط کمرنگ: اطلاعات پیش‌بینی‌شده با نرخ برداشت ۰/۵.

مقادیر پیش‌بینی‌شده در سال ۲۰۱۸ تقریباً ۱۵٤ تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) با وزن متوسط حدود ۳۰ کیلوگرم بوده که معادل حدود ۵ تن است (جدول ۲). سپس میزان برداشت، با در نظر گرفتن سناریوی موجود (نرخ برداشت ۰/٤)، با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی، مقادیر صید برای ۵۰ سال آینده پیش‌بینی گردید. باید توجه داشت که در سال‌های اخیر وزن متوسط ماهیان صید شده حدود ۲۰ کیلوگرم است (شکل ٦).



شکل ٦- سناریوهای قابل پیش‌بینی اندازه جمعیت تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) در ۵۰ سال آینده (NYP)
(نرخ‌های برداشت ۱= ۰/۲، ۲= ۰/۳، ۳= ۰/٤، ٤= ۰/۵، ۵= ۰/٦).

با توجه به شکل ٦، به‌نظر می‌رسد ادامه روند صید کنونی (بر اساس سناریوی نرخ برداشت ۰/٤) نشان‌دهنده این است که 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 سال‌های آینده میزان برداشت ذخایر تاس ماهی ایرانی (*A. persicus*) افزایش زیادی خواهد یافت.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر بیانگر این است که ادامه روند صید کنونی نشان می‌دهد با این‌که قانون منع صید به تمام کشورهای حاشیه دریای خزر ابلاغ شده، به‌دلیل صید غیرقانونی و نیز صید ماهیان نابالغ به‌خاطر عدم رعایت چشمه مناسب تور، روند نابودی ماهیان خاویاری ادامه دارد؛ به‌طوری‌که ذخایر این گونه ماهی خاویاری در سواحل جنوبی دریای خزر تا سال ۲۰٦٦ منقرض خواهد شد. در حالت کلی می‌توان بیان داشت که نتایج حاصل از شبیه‌سازی صورت گرفته در پژوهش حاضر نشان‌دهنده نیاز این گونه به برنامه‌ریزی گسترده و مدون جهت نگهداری و محافظت درست و اصولی توسط صاحب‌نظران، مسئولان و مدیران است و در نتیجه باید اقدامات متناسب با نیاز این گونه مهم اقتصادی صورت گیرد. رئیسی و همکاران (۷) با استفاده از مدل شبیه‌سازی مونت کارلو و بوت استرپ در بررسی پویایی جمعیت تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) بیان داشتند که با استفاده از این روش‌ها می‌توان اقدامات مناسبی جهت ارزیابی و حفاظت از این گونه در آینده انجام داد. هم‌چنین فضلی و همکاران (۲۰)، در مطالعه پویایی جمعیت و خطر انقراض ذخایر تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) بیان داشتند که با وجود این‌که بیش‌تر از ۹۳ درصد صید از نمونه‌های در حال بلوغ تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) است، اما به‌علت عوامل انسانی در خطر انقراض است. در پژوهش لاپانچه و همکاران (۲۱)، با عنوان مدل‌سازی پویایی جمعیت جوامع ماهی و پیش‌بینی موفق فراوانی ماهی غیربومی از یک جریان آلپی نشان دادند که ابزارهای ریاضی و عددی می‌توانند اطلاعات و بینش مناسبی در اختیار مدیران و پژوهش‌گران قرار دهند و باعث نمایش شکاف‌های دانش و ارائه نظریه‌های قابل سنجش می‌شوند. دیک و مک‌کال (۲۲) نیز با استفاده از روش DB-SRA به‌عنوان یک روش پایه برای تعیین محصول پایدار برای ذخایر آبزیانی که با کمبود اطلاعات مواجه هستند، بیان کردند که با توجه به میزان مرگ‌ومیر طبیعی، سن بلوغ و تاریخچه صید، وضعیت ذخیره را برای رسیدن به تولید پایدار می‌توان ارزیابی نمود. یه و والبو جورجنسون (۲۳) با استفاده از مدل SRA به ارزیابی پویایی جمعیت اوزون‌برون 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. از سویی نتایج مطالعات سوکا و همکاران (۲٤) با استفاده از مدل DB-SRA در شبیه‌سازی رشد جمعیت *Acipenser fulvescens* از سال ۱۹۲۹ تا ۲۰۱۸ نشان دادند که میزان ظرفیت نهایی قابل‌تحمل ۲۲٦۵۲ تن تخمین زده شد و درصورتی‌که 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. براساس نتایج به‌دست آمده در پژوهش‌های میررسولی و همکاران (۲۵) مشخص گردید که در سال‌های اخیر، صید غیرقانونی و برداشت بیش از حد ذخایر ماهیان خاویاری به خصوص تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) 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 این ماهیان بوده است. 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 به‌خصوص ماهیان خاویاری باید در نظر گرفته شود. به‌طورکلی می‌توان گفت که میزان صید تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) در سواحل جنوبی دریای خزر از سطح مجاز بهره‌برداری تجاوز کرده و باید در جهت پایداری و بهره‌برداری از ذخایر این گونه، ظرفیت صیادی را حداقل نصف مقدار مجاز فعلی کاهش داد. با توجه به پژوهش حاضر علی‌رغم تلاش‌های زیاد در حوزه بازسازی ذخایر، ماهی قره‌برون (*A. persicus*) در آینده‌ای نه چندان دور به‌طور کامل منقرض خواهد شد، بنابراین شایسته است که مدیریت بهتر و اقدامات مناسب‌تری در حوزه بازسازی ذخایر، حفاظت از مناطق نوزادگاهی و کنترل صید قاچاق صورت گیرد تا این گونه ارزشمند اقتصادی به بقای خود ادامه دهد.

منابع

1. Karpinsky, M. G., Shiganova, T. A., & Katunin, D. N. (2005). Introduced species. In the Caspian Sea Environment. *Springer Berlin Heidelberg*, 175-190.
2. Korshenko, A., & Gul, A. G. (2005). Pollution of the Caspian Sea. In the Caspian Sea Environment. *Springer Berlin Heidelberg*, 109-142.
3. Zonn, I. S. (2005). Economic and International Legal Dimensions in the Caspian Sea. In: Kostianov, A. G. and Kosarev, A. N. (ED.), The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental chemistry). *Springer Berlin Heidelberg*, 243-256.
4. 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.
5. Farhangi, M. (2016). The effects of sturgeon culture in confined waters on water quality and benthic communities in the breeding area (Gorgan Bay). PhD thesis. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. [In Persian]
6. Mirhashemi-Rostami, S. A., Amini, K., Khani, F., & Kolangi-Miandareh, H. (2015). Proliferation of immature Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) using plant LHRH-A hormone. *Utilization and Cultivation of Aquatics*, 4 (2), 63-78. [In Persian]
7. Raeisi, 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). *Journal of Applied Ichthyological Research*, 7 (3), 31-44. [In Persian]
8. Shokouhinia, M. (2018). Analysis of feeding types for sturgeon fish. The First National Conference on Sustainable Development in Agriculture and Natural Resources, Focusing on Environmental Culture. Tehran. *International Center for Conferences and Seminars on Sustainable Development of Islamic World Sciences*. [In Persian]
9. Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., Garcia, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, 1 (5), e1400253.
10. Jalali, M. A., Ierodiaconou, D., Monk, J., Gorfine, H., & Rattray, A. (2015). Predictive mapping of abalone fishing

grounds using remotely-sensed LiDAR and commercial catch data. *Fisheries research*, 169, 26-36.
11. Moghim, M. (2003). Stock assessment and population dynamics of *Acipenser persicus* in the southern Caspian Sea (Iranian waters). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 11 (4), 98-117. [In Persian]
12. Tavakoli, M., Parafkande Haghighi, F., & Behrouz Khoshqalb, M. (2012). Sturgeon Stock Assessment in the Iranian Waters of the Caspian Sea Using Swept area Method (2009-2010). *Fisheries*, 66 (3), 271-282. [In Persian]
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.
14. Bronzi, P., & Rosenthal, H. (2014). Present and future sturgeon and caviar production and marketing: a global market overview. *Journal of Applied Ichthyolog*, 30 (6), 1536-1546.
15. Pourkazemi, M. (2006). Caspian Sea sturgeon conservation and fisheries: past present and future. *Journal of Applied Ichthyology*, 22 (1), 12-16.
16. IFSY (Iranian Fishery Statistics Yearbook). (2008). Sturgeons fishing statistic in southwest Caspian Sea. *Statistic and Informatics office Iranian fishery, Tehran*, 60p. [In Persian]
17. Aghilinejad, M. (2016). Evaluation of factors affecting the occurrence of illegal fishing in the southern part of the Caspian Sea. PhD thesis. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. [In Persian]
18. IUCN. (2015). International Union for Conservation of Nature. https:// www.iucn.org/content/ sturgeon- more-critically- endangered-any-other-group-species.
19. McCarthy, M. A. (1996). Red kangaroo (*Macropus rufus*) dynamics: effects of rainfall, density dependence, harvesting and environmenta1 stochasticity. *Journal of Applied Ecology*, 33, 45-53.
20. Fazli, H., Tavakoli, M., Khoshghalb, M. R., Moghim, M., & Valinasab, T. (2020). Population dynamics and the risk of stock extinction of Persian sturgeon (Borodin) in the Caspian Sea. *Fisheries and Aquatic life*, 28 (2), 62-72.
21. Laplanche, C., Elger, A., Santoul, F., Thiede, G. P., & Budy, P. (2018). Modeling the fish community population dynamics and forecasting the eradication success of an exotic fish from an alpine stream. *Biological Conservation*, 223, 34-46.
22. 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.
23. Ye, Y., & Valbo-Jorgensen, J. (2012). Effects of IUU fishing and stock enhancement on and restoration strategies for the stellate sturgeon fishery in the Caspian Sea. *Fisheries Research*, 131-133, 21-29.
24. 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.
25. Mirrasooli, E., Ghorbani, R., Gorgin, S., Jalali, M., & Aghilinejad, S. M. (2020). Identification study of Factors affecting the Reduction of Sturgeon Stocks in the southern Caspian Sea Based on Fishermen's Viewpoints Using Smart Pls Structural Equation. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 29 (5), 89-98.