وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی

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

ISSN: 2423-6349

دوره ۱۱، شماره ۴، صفحات ۴۵-۳۲.

برآورد حداکثر تولید پایدار ماهی کپور دریایی، *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758، با استفاده از مدل تولید مازاد در جنوب شرقی دریای کاسپین (استان گلستان)

ضیاء کردجزی*[۱]، محمد فرهنگی[۱]، محمد لاریجانی[۲]

[۱]گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

[۲]مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۲/۱۱/۰۹
پذیرش: ۰۳/۰۵/۰۱

نویسنده مسئول مکاتبه:
ضیاء کردجزی، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

ایمیل:
ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir

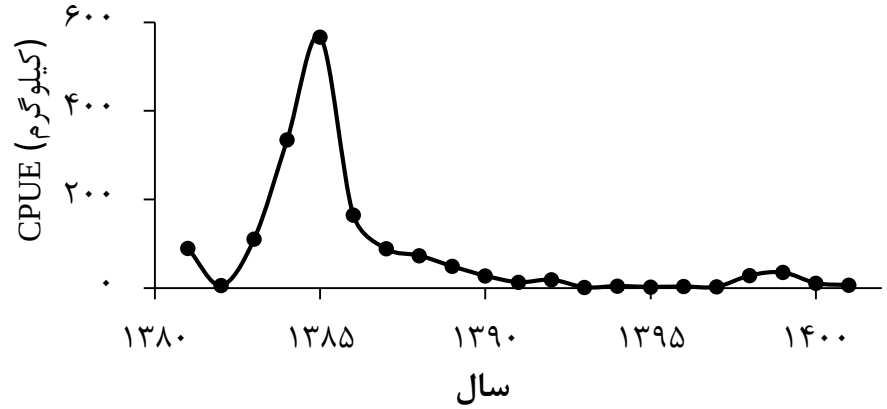
چکیده

وضعیت ذخایر بسیاری از منابع شیلاتی در جهان به‌دلیل دسترسی محدود به داده برای ارزیابی ذخایر آنها ناشناخته است. برای حل این چالش چندین مدل ارزیابی ذخایر، مانند مدل تولید مازاد شفر و فاکس معرفی شدند که برای برآورد وضعیت ذخیره آبزیان به داده‌های محدودی مانند داده‌های صید و صید بهازای واحد تلاش صیادی (CPUE) نیاز دارند. در این مطالعه از داده‌های صید و صید به‌ازای واحد تلاش صیادی (CPUE) ماهی کپور دریایی درطول سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۴۰۱ جنوب شرقی دریای کاسپین برای برآورد حداکثر تولید پایدار (MSY) از طریق مدل تولید مازاد استفاده شد. با استفاده از مدل catch-MSY، سه پارامتر مورد نیاز برای برآورد MSY، شامل نرخ رشد جمعیت (r) در سال (که ترکیبی از رشد وزنی افراد، ریکروتمنت (ماهیان جوان احیاء شده) و مرگ و میر طبیعی است)، ظرفیت حمل بیولوژیک جمعیت (K) (که معادل با زیست‌توده یک جمعیت بهره‌برداری نشده است)، و زیست‌توده آغازین در یک جمعیت در حال بهره‌برداری (Binit) به‌ترتیب ۰/۰۷۵ در سال، ۶۹۵۲ تن و ۳۵۰۰ تن برآورد شد. MSY برآورد شده با این پارامترها در مدل SPM برابر با ۱۳۰ تن بود. در حالی‌که نتایج برازش داده‌ها با استفاده از نقاط آغازین چندگانه نشان داد MSY حدود ۱۳۲۰ تن است. نمودار فازی نشان داد زیست توده فعلی از زیست توده (مرجع) حد مجاز و زیست توده مرجع هدف پایین‌تر است؛ که می‌توان بیان کرد ذخیره ماهی کپور در جنوب شرقی دریای کاسپین ناپایدار است و به مرحله صید بی‌رویه (overfished) رسیده است. از آنجا که بقای ماهی کپور به بازسازی ذخیره آن از طریق رهاسازی بچه‌ماهیان بستگی دارد، باید توجه ویژه‌ای به مدیریت صید این گونه از طریق جلوگیری از صید افراد زیر اندازه استاندارد صید و صید غیرمجاز صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: مدل تولید مازاد، حداکثر تولید پایدار، صید بیرویه، *Cyprinus carpio*، دریای کاسپین

۱ | مقدمه

حداکثر تولید پایدار (Maximum sustainable yield (MSY)) یک شاخص مهم بهره‌برداری پایدار ذخایر شیلاتی است، که برای برآورد آن لازم است داده‌های کافی از نظر کمی و کیفی در دسترس باشد. از آنجا که در صید تجاری آبزیان جمع‌آوری داده‌ها وقت‌گیر و از نظر مالی پرهزینه است، برآوردی از شاخص حداکثر تولید پایدار برای بیشتر ذخایر ماهی در دسترس نیست (Martell and Froese, 2013; Miyagawa *et al.*, 2021). به‌عبارت دیگر، برای ذخایر ماهیان تجاری که در شرایط ضعف داده (data-poor fisheries) برای تعیین وضعیت ذخیره به‌سر می‌برند، برآورد MSY



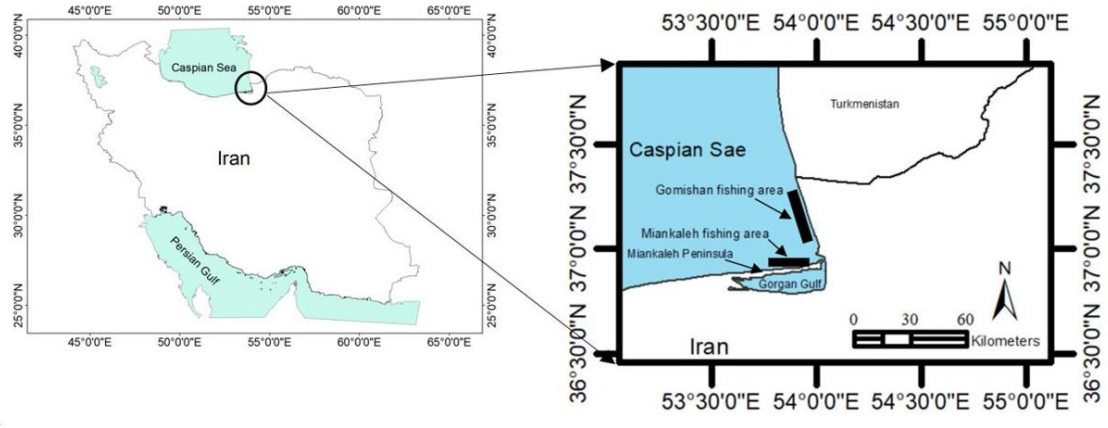
شکل ۱- روند تغییرات صید در واحد تلاش صیادی ماهی کپور از سال ۱۳۸۱ تا ۱۴۰۲.

ساده نیست.

انتخاب روش ارزیابی ذخایر ماهیان که دارای ضعف داده هستند به نوع داده‌های بیولوژیک و شیلاتی در دسترس، و همچنین هدف مدیریت صید بستگی دارد (Haddon *et al*., 2019). برای نمونه، مدل تولید مازاد (Surplus production model (SPM)) یک روش برای برآورد MSY است که معمولاً به داده سری زمانی از صید و سری زمانی از یک شاخص فراوانی نسبی نیاز دارد (Haddon, 2011)، که شاخص فراوانی نسبی اغلب یک سری زمانی از صید به‌ازای واحد تلاش صیادی (Catch per unit effort, CPUE) استاندارد شده است (Haddon *et al*., 2019). ساده‌ترین مدل تولید مازاد که مدل شفر (Schaefer) نامیده می‌شود برای برآورد دو پارامتر مدل، یعنی ظرفیت توان زیستی (Carrying capacity; K) و نرخ حداکثر نرخ افزایش جمعیت (Maximum rate of population increase; r) به سری زمانی صید و فراوانی از یک جمعیت خاص نیاز دارد. با توجه به چالش‌های برآورد فراوانی، برای هر سری زمانی صید یک دامنه از ترکیب‌های *r-K* می‌تواند برای برآورد MSY استفاده شود. دامنه ترکیب‌های *r-K* قادر است جمعیت را حفظ کند، به‌طوری‌که جمعیت نه متلاشی گردد و نه از ظرفیت توان بیولوژیک فراتر رود (Martell and Froese, 2013).

ماهی کپور دریایی از ماهیان استخوانی با ارزش تجاری در دریای کاسپین است که صید آن در سال‌های اخیر کاهش یافته است (شکل ۱). عوامل مختلفی برای این کاهش صید بیان شده است، مانند کاهش شدید جریان آب رودخانه‌های جنوب دریای کاسپین (Alijani *et al*., 2016) و تخریب محل تخمریزی این ماهی در رودخانه‌های جنوب دریای کاسپین مانند گرگان‌رود، قره‌سو و نکارود، تجن، به‌طوریکه بقای این ماهی و سایر ماهیان رودکوچ به رهاسازی بچه‌ماهیان پرورش یافته در کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی مانند سیجوال بندرترکمن وابسته است. همچنین، صید بی‌رویه و صید قاچاق عامل مهم دیگر کاهش ذخایر این ماهی است (Kiyabi *et al*., 1999). ازآنجا که در صید تجاری این گونه با پره‌های صیادی معمولاً میزان صید و تلاش صیادی ثبت می‌شود، در این مطالعه از روش مدل تولید مازاد (SPM) که برای ارزیابی ذخایر ماهی‌هایی که داده‌های کافی از نظر کمی برای آنها در دسترس نیست استفاده شد تا حداکثر تولید پایدار ماهی کپور معمولی برآورد گردد.

مدل‌های مختلف تولید مازاد مانند مدل‌های مرسوم شفر و فاکس (Fox) (Haddon, 2011; Hilborn and Walters, 2013)و مدل توسعه یافته تولید مازاد بِیزین (Bayesian Surplus Production model (BSP)) (Haddon *et al*., 2019; Haddon, 2020) برای تعیین وضعیت ذخایر آبزیان استفاده می‌شود (Cousido-Rocha *et al*., 2022). Pyo (۲۰۰۶) ذخیره آنچوی را با ۵ مدل تولید مازاد شامل مدل Schaefer، مدل Schnute، مدل Walters و Hilborn، مدل Fox، و مدل Clarke، Yoshimoto



شکل ۲- منطقه ماهیگیری میانکاله و گمیشان در جنوب شرقی دریای کاسپین.

و Pooley (CYP) در کره جنوبی بررسی کرد، که در این بررسی مدل CYP به‌طور معنی‌داری بر داده‌ها برازش شد. Fauziyah و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی وضعیت ذخیره ماهی سرخو (*Lutjanus* sp.) در اندونزی نشان دادند بهترین مدل برای برازش داده‌ها ماهی سرخو مدل فاکس بود. این مدل نشان داد ذخیره ماهی سرخو در حال کاهش بود، به‌طوری‌که ذخیره سرخو در آینده در حالت صید بی‌رویه قرار خواهد گرفت. همچنین، بررسی وضعیت ذخیره شوریده ماهیان (Sciaenidae) در خلیج بنگال با مدل تولید مازاد شفر و فاکس نشان داد که وضعیت ذخیره و زیست‌توده پایدار است زیرا فشار صیادی در وضعیت امن قرار داشت (Barman *et al*., 2022). در این مطالعه برای برآورد حداکثر تولید پایدار با استفاده از مدل تولید مازاد از پکیج datalowSA در محیط نرم‌افزار R استفاده شد که برای ارزیابی ذخایر ماهیان در شرایط ضعف داده (data poor stock assessment) توسعه داده شد (Haddon, 2020).

۲ | مواد و روش‌ها

در این مطالعه از سری زمانی داده‌های صید و تلاش صیادی صید کپور که با تور پره ساحلی در ۱۳۷۸ تا ۱۴۰۱ در ناحیه ماهیگیری میانکاله و گمیشان در جنوب شرقی دریای کاسپین صید شدند، استفاده شد (شکل ۲).

مدل‌های تولید مازاد (Surplus Production Modelling; SPM): مدل‌های تولید مازاد یکی از ساده‌ترین روش‌های تحلیلی ذخایر ماهیان است که برای اولین بار توسط Schaefer در دهه ۱۹۵۰ توصیف شد (Schaefer, 1954, 1957). اثرات کلی ماهیان جوان احیاء شده (ریکروتمنت)، رشد و مرگ و میر (همه جنبه‌های تولید مثبت) در یک تابع تولید واحد ارائه می‌گردد. ذخایر صرفاً به‌عنوان زیست‌توده تمایز نیافته در نظر گرفته می‌شود، به‌طوری‌که سن و ساختار اندازه، جنسیت و دیگر تفاوت‌ها نادیده گرفته می‌شوند (یکی از دلایلی که این مدل‌ها را مدل‌های زیست‌توده-دینامیک نیز می‌نامند). به‌طور خلاصه، پارامترهای مدل عبارتند از r نرخ خالص افزایش جمعیت (ترکیب رشد فردی در وزن، ماهیان جوان احیاء شده و مرگ و میر طبیعی)، K ظرفیت توان بیولوژیک جمعیت یا زیست‌توده ماهیگیری نشده (B_0) می‌باشند. حداقل داده مورد نیاز برای تخمین پارامترها برای چنین مدل‌هایی، سری‌های زمانی شاخص فراوانی نسبی و داده‌های صید مرتبط است. در استرالیا، شاخص فراوانی نسبی ذخایر غالباً صید به ازای واحد تلاش صیادی (CPUE) است (Haddon, 2020). تعداد سال‌هایی که اطلاعات صید در دسترس است می‌تواند طولانی‌تر از تعداد سال‌هایی باشد که اطلاعات صید به‌ازای واحد تلاش صیادی در دسترس است. مدل تولید مازاد به‌عنوان روش کمکی در شرایط ضعف داده (model-assisted data-poor method) می‌باشد. این روش از مجموعه‌ای از ترکیبات r-K پایدار برای تقریب MSY

استفاده می‌کند. ترکیبات r-K، شامل ظرفیت توان زیستی (K) و حداکثر نرخ افزایش جمعیت (r) برای یک ذخیره در یک اکوسیستم معین هستند که در اکثر مدل‌های تولید، مانند مدلSchaefer، برای تخمین MSY مورد نیاز است.

روش مدل تولید مازاد از مدل نسبتاً ساده تولید مازاد Schaefer به‌عنوان مبنایی برای توصیف پویایی ذخیره استفاده می‌کند (Martell and Froese, 2013).

$$B_{t+1} = B_t + rB_t\left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t$$

که در آن B_t زیست‌توده ذخیره در سال t را نشان می‌دهد، r نرخ رشد جمعیت است که تعادل بین ماهیان جوان احیاء شده و مرگ و میر طبیعی را شامل می‌شود، K حداکثر اندازه جمعیت (ظرفیت توان بیولوژیک)، و C_t صید در سال t است. یکی از ویژگی‌های مدل تولید مازاد گسسته شفر این است که MSY را می‌توان خیلی ساده از تخمین‌های پارامتر برآورد نمود:

$$MSY = rK/4$$

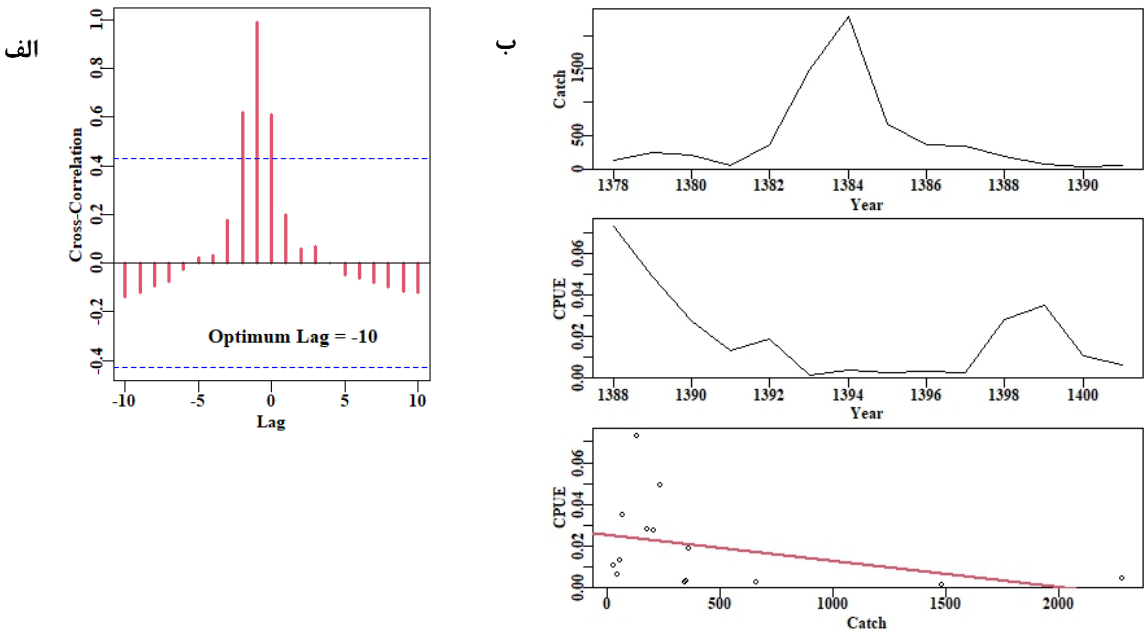
دامنه اطمینان بوت‌استرپ (Bootstrap Confidence Intervals): تجزیه و تحلیل شیلاتی معمولاً غیرقطعی هستند، بنابراین همواره باید بررسی عدم قطعیت پارامترها در مطالعه ارزیابی ذخایر گنجانده شود. یکی از ویژگی‌های موجود در datalowSA برای مدل‌های spm ایجاد فاصله‌های اطمینان صدکی در اطراف پارامترها و خروجی‌های مدل (MSY و غیره) است. برای این هدف از لگاریتم نرمال باقیمانده‌های مرتبط با CPUE، نمونه بوت‌استرپ گرفته می‌شود، که با استفاده از این نمونه‌های بوت‌استرپ، نمونه‌های جدید CPUE ایجاد می‌شود که می‌توان آنها را جایگزین سری‌های زمانی CPUE اصلی کرد (Haddon, 2011). برای ایجاد دامنه اطمینان بوت‌استرپ از تابع *bootspm* استفاده شد. مدل تولید مازاد و صید-حداکثر صید پایدار ماهی کپور دریایی با استفاده از دو تابع (spm) و (cMSY) در پکیج datalowSA نرم‌افزار R برآورد گردید (Haddon *et al*., 2019; Haddon, 2020; Froese *et al*., 2021).

۳ | نتایج

خروجی تابع cross-correlation function(ccf)، که بر روی صید ماهی کپور از سال ۱۳۷۸ تا ۱۴۰۱ در جنوب شرقی دریای کاسپین اعمال شده است در شکل ۳ نشان داده شده است. در شکل ۳-الف یک تأخیر ۱۰ ساله بین میزان صید (Catch) و شاخص CPUE مشاهده می شود. شکل ۳-ب نشان می‌دهد صید در سال ۱۳۸۴ در بالاترین میزان است، که صید به ازای واحد تلاش صیادی در سال ۱۳۹۴ به کمترین میزان رسیده است (شکل ۳-ب؛ نمودار میانی). نمودار پایینی در شکل ۳-ب، یک همبستگی منفی قوی بین صید و CPUE را در تأخیرهای ۱۰ ساله نشان می‌دهد که نشان می‌دهد تجزیه و تحلیل spm احتمالاً نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد، اگرچه همبستگی نسبتاً قوی در lag=0 ممکن است هر رابطه معتبر بین catch و مقادیر CPUE بعدی را تضعیف کند.

برازش مدل تولید مازاد: برای برازش مدل تولید مازاد لازم است مجموعه پارامترهای پارامترها r، K و B_{init} برآورد گردند. اما در ذخایری مانند ذخیره ماهی کپور دریایی در جنوب شرقی دریای کاسپین، که قبل از شروع جمع‌آوری داده‌ها برداشت شده‌اند، دو پارامتر r و K برای برازش مدل تولید مازاد مورد نیاز است. پارامترها r و K با استفاده از روش catch-MSY و با ۲۰۰۰۰ تکرار، به‌ترتیب ۰/۰۷۵ در سال و ۶۹۵۲ تن برآورد شدند (جدول ۱).

برازش مدل تولید مازاد با استفاده از پارامترهای ورودی برآورد شده با استفاده از روش catch-MSY با ۲۰۰۰۰ تکرار برای داده‌های صید ماهی کپور دریایی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین در شکل ۴ و جدول ۲ نشان داده شده است. منحنی‌های تولید بیانی از پارامترهای r-K هستند که فرض می‌شود برای مدل Schaefer، در سطح نصف



شکل ۳- خروجی تابع cross-correlation function که بر روی داده‌های صید ماهی کپور از سال ۱۳۷۸ تا ۱۴۰۱ در جنوب شرقی دریای کاسپین اعمال شده است.

جدول ۱- برآورد پارامترهای r و K با استفاده از روش catch-MSY با ۲۰۰۰۰ تکرار برای داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین.

پارامتر	تعداد تکرار	میانگین	انحراف استاندارد (SE)
r (/year)	۲۰۰۰۰	۰/۰۷۵	۰/۰۲۹
K (تن)	۲۰۰۰۰	۶۹۵۲	۲۱۵

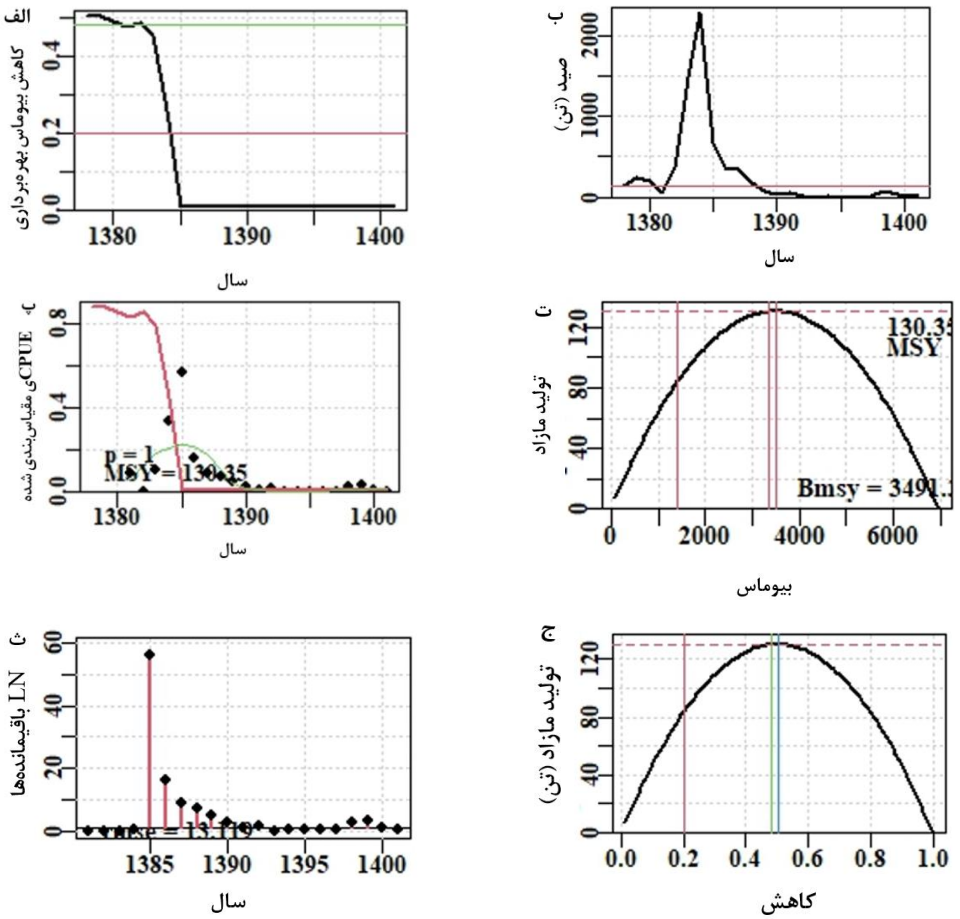
حداکثر زیست‌توده ماهیگیری نشده MSY رخ می‌دهد. با استفاده از منحنی تولید، تخمین صید پیش‌بینی‌شده در B_{target} و B_{limit} امکانپذیر خواهد بود، و از این طریق می‌توان نرخ برداشت را در نقطه مرجع هدف و حد تخمین زد. دو مورد از پارامترهای ورودی شامل *target* و *limit* هستند که به‌طور پیش‌فرض ۰/۲ و ۰/۴۸ هستند.

برازش مدل تولید مازاد شفر با استفاده از پارامترهای ورودی برآورد شده برای داده‌های صید ماهی کپور دریایی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین نشان داد، کاهش قبل از سال ۱۳۸۳بالاتر از خط سبز هدف بود، که پس از آن روند کاهشی (Deplation) به‌طور قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد و به زیر خط حد قرمز (limit red line) رسید. همچنین با توجه به نمودار ۵-ب در سال‌های بهره‌برداری ماهی کپور در دهد ۱۳۸۰، ذخیره کاهش یافت زیرا صید بیشتر از MSY (خط قرمز در نمودار ۵-ب) بود. اما در دهه ۱۳۹۰ صید کمتر از MSY بود که احتمالاً علت آن کاهش شدید ذخیره بود.

برازش داده‌ها با استفاده از پارامترهای بهینه

میانه: به‌طور نرمال باید یک تابع را با استفاده از نقاط آغازین چندگانه حل کرد زیرا با تکرار چندین باره تجزیه و تحلیل (بیش از ۲۰ تکرار) در نهایت راه‌حل‌هایی پیدا خواهد شد که با رایج‌ترین بهینه فاصله دارند. نتایج برازش داده‌ها با استفاده از نقاط آغازین چندگانه نشان داد MSY حدود ۱۳۲۰ تن است (شکل ۵-ب و جدول ۳)، درحالی‌که حل یک تابع با یک نقاط آغازین یگانه MSY برابر با ۱۳۰ تن به‌دست آمد (شکل ۵-ب).

نمودار فازی: در فرآیند صید آبزیان تجاری، تعیین وضعیت ذخیره یک جزء مهم است، که ترسیم نمودار فازی با استفاده از پارامترهای بهینه به تعیین وضعیت



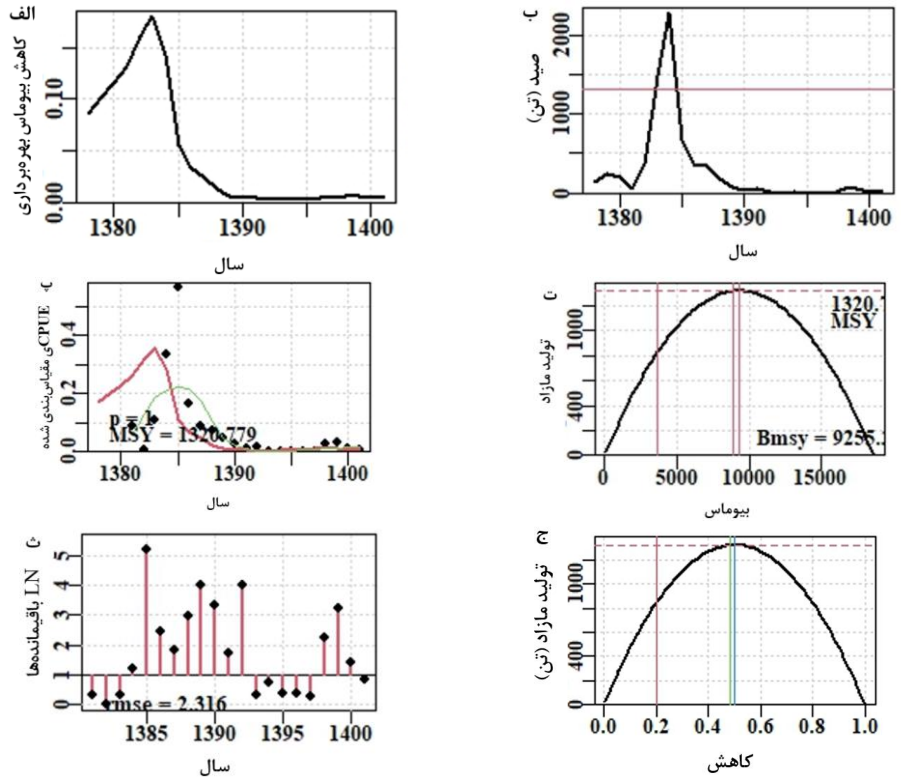
شکل ۴- خلاصه نمودارهای بیانگر برازش مدل تولید مازاد با استفاده از پارامترهای ورودی حدس زده شده با استفاده از روش catch-MSY با ۲۰۰۰۰ تکرار برای داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین. نمودارها شامل نمودار کاهش پیش‌بینی شده predicted deplation (الف) و صید catch (ب) در طول زمان است. نمودار (پ)، نمودار برازش (تناسب) با CPUE است، که در آن خط سبز برازش (تناسب) loess با CPUE مشاهده شده است و خط قرمز برازش با استفاده از پارامترها است. منحنی تولید مازاد با زیست‌توده (ت) و با کاهش (ج) بر روی محور x، در نهایت لگاریتم نرمال باقیمانده log-normal بین برازش و داده‌ها (ث) نشان داده شده است.

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده با استفاده از برازش مدل تولید مازاد با استفاده از پارامترهای ورودی برآورد شده با استفاده از روش catch-MSY با ۲۰۰۰۰ تکرار برای داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سالهای ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین.

پارامتر*	rmseresid	MSY	Bmsy	Dmsy	Blim	Btarg	Ctarg	Dcurr	rmse
برآورد	۱۳/۱	۱۳۰	۳۴۹۱	۰/۵	۱۴۱۵	۳۳۵۳	۱۳۰	۰/۰۰۵۷۵	۰/۰۸۹۶

* ریشه میانگین مربعات باقیمانده خطا (Root mean squared error residuals (rmseresid))، زیست‌توده در MSY (Biomas MSY (Bmsy))، کاهش ذخیره در MSY (Deplation MSY; Dmsy)، حد آستانه زیست‌توده (تولید ماهیان جوان احیاء شده) (Biomass limit; Blim)، زیست‌توده هدف (Biomass limit; Blim)، صید هدف (Catch target; Ctarg)، کاهش جاری (ذخیره) (Deplation current; Dcurr) و ریشه میانگین مربعات خطا (Root mean squared error; rmse).

ذخیره کمک می‌کند.در این مطالعه برای ترسیم نمودار فازی زیست‌توده در برابر مرگ و میر ماهیگیری، برای نشان دادن وضعیت موجودی، از مقادیر میانه برآوردهای بهینه استفاده شد (جدول ۴). شکل ۶-الف وضعیت فعلی ذخیره را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که زیست‌توده از (نقاط مرجع) حد مجاز و نقاط مرجع هدف زیست‌توده پایین‌تر است، همچنین نرخ برداشت از نقاط مرجع حد مجاز و نقاط مرجع هدف نرخ برداشت نیز پایین‌تر است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ذخیره ناپایدار است. به‌عبارت دقیق‌تر ماهیگیری بیش از حد در حال رخ دادن است و ذخیره به صید بی‌رویه (overfished) رسیده است. تاریخچه



شکل ۵- نمودار برازش داده‌ها با استفاده از پارامترهای بهینه میانه، در تجزیه و تحلیل داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین. نمودارها شامل کاهش پیش‌بینی شده و صید در طول زمان است. سپس برازش با CPUE، که در آن خط سبز با برازش LOESS با داده‌ها مطابقت دارد و خط قرمز برازش با استفاده از پارامترها است. منحنی تولید مازاد با زیست‌توده و کاهش روی محورهای x نشان داده شده است، در نهایت باقیمانده بین برازش و داده‌ها نشان داده شده است.

جدول ۳- پارامترهای برآورد شده با استفاده از پارامترهای بهینه میانه برای داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین.

پارامتر*	rmseresid	MSY	Bmsy	Dmsy	Blim	Btarg	Ctarg	Dcurr	Rmse
برآورد	۲/۳۲	۱۳۲۱	۹۲۵۵	۰/۴۹۸	۳۶۵۰	۸۸۸۲	۱۳۱۸	۰/۰۰۳۸	۰/۰۸۹۶

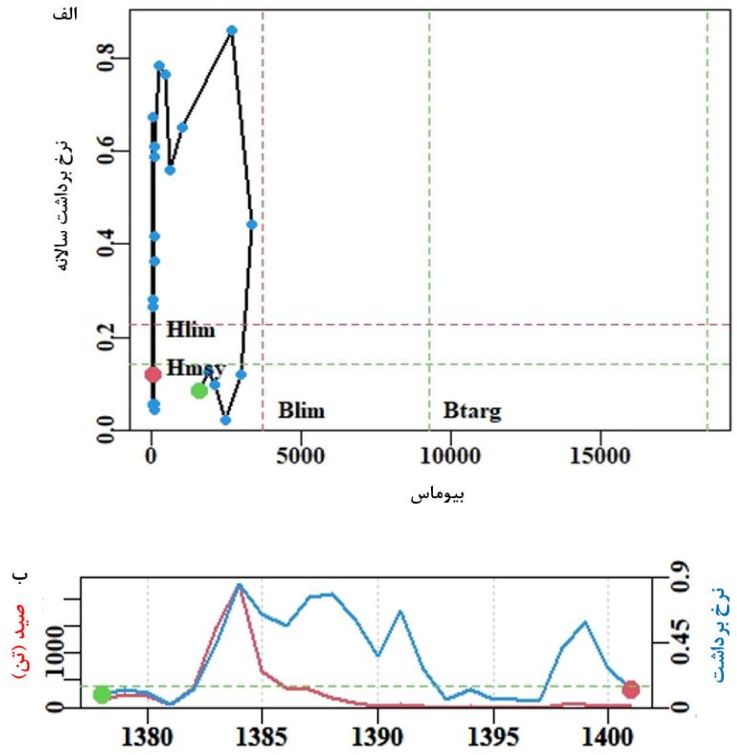
*ریشه میانگین مربعات باقیمانده خطا (Root mean squared error residuals (rmseresid)، زیست‌توده در MSY (Biomas MSY (Bmsy))، کاهش ذخیره در MSY (Deplation MSY; Dmsy)، حد آستانه زیست‌توده (تولید ماهیان جوان احیاء شده) (Biomass limit; Blim)، زیست‌توده هدف (Biomass limit; Blim)، صید هدف (Catch target; Ctarg)، کاهش جاری (ذخیره) (Deplation current; Dcurr) و ریشه میانگین مربعات خطا (Root mean squared error; rmse).

جدول ۴- مقادیر میانه برآورد پارامترهای بهینه (r ،K ،B_{init}) جهت تولید نمودار فازی برای داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین.

Iters	MSY	-veLL	B_{init}	K	r	iB0	iLike	iK	ir
۱۰۰۱/۵	۸۴۸/۴۷	۳۵/۸۷	۱۹۶۶/۰۱	۱۴۴۱۸/۳۶	۰/۲۱	۳۵۵۸/۹۸	۴۴/۳	۶۹۲۷,۴	۰/۰۷۵

صید نشان می‌دهد که در چهار سال اول صید (۱۳۸۱-۱۳۷۸)، نرخ برداشت به اندازه کافی پایین بود که امکان افزایش اندازه ذخیره را برای سال ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ فراهم کرد. اما با وجود صید، از سال ۱۳۸۵ به بعد شدیداً کاهش یافت نرخ صید تا سال ۱۴۰۱ بالاتر از صید بود. از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۴ نرخ صید و صید به هم نزدیک بودند که در سال ۱۳۸۴ با هم افزایش یافتند. اما پس از آن نرخ برداشت بالاتر از صید بود که این اختلاف در سال ۱۳۹۳ به‌طور قابل ملاحظه ای بالاتر بود. نرخ برداشت از سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ کاهش یافت اما افزایش نرخ برداشت در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ منجر به افزایش اندکی در صید شد.

دامنه اطمینان بوت‌استرپ (Bootstrap Confidence Intervals): هر تجزیه و تحلیل ماهیگیری همیشه



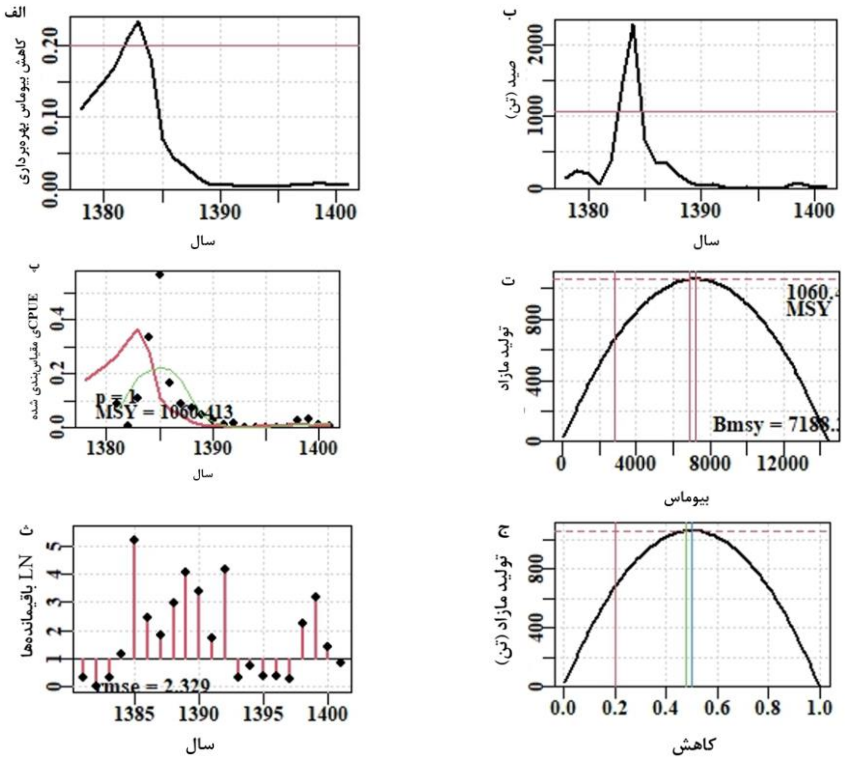
شکل ۶- نمودار فازی (الف) زیست‌توده (زیست‌توده) ذخیره پیش‌بینی شده در مقابل نرخ برداشت سالانه پیش‌بینی شده برای برازش مدل بهینه در داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین. نقطه سبز سال شروع و نقطه قرمز سال آخر است. نقاط مرجع محدود و نقاط مرجع هدف آزمایشی نیز برای کمک به تفسیر گنجانده شده است. در نمودار (ب) تاریخچه صید (نمودار قرمز) و نرخ‌های برداشت (نمودار آبی) با هدف کمک به تفسیر وضعیت نشان داده شده است. (H_{lim}، حد آستانه برداشت؛ H_{msy}، برداشت در MSY؛ B_{lim}، حد آستانه زیست‌توده و B_{targ}، زیست‌توده هدف).

غیرقطعی است و باید تلاش شود تا حداقل نشانه‌ای از عدم قطعیت در هر گزارش ارزیابی ذخیره گنجانده شود. در این مطالعه فاصله‌های اطمینان صدکی در اطراف پارامترها و خروجی‌های مدل (MSY و غیره) با گرفتن ۱۰۰۰ نمونه بوت‌استرپ ایجاد شد (شکل ۷ و جدول ۵).

خروجی، شامل پویایی هر اجرا با مدل پیش‌بینی‌شده زیست‌توده، (پویایی) هر نمونه CPUE بوت‌استرپ، CPUE پیش‌بینی شده برای هر نمونه بوت‌استرپ، سری‌های زمانی کاهش و سری‌های زمانی نرخ برداشت سالانه است. هر یک از این موارد می‌تواند برای نشان دادن و خلاصه کردن نتایج و عدم قطعیت در تجزیه و تحلیل استفاده شود (جدول‌های ۵ و ۶). با توجه به باقیمانده‌های نسبتاً بزرگ در شکل ۵-ث می‌توان انتظار درجه نسبتاً بالایی از عدم قطعیت را داشت.

نمودار ۸ نشان می‌دهد شواهد کمی مبنی بر اریبی (bias) با «r» و «MSY» وجود دارد، اگرچه هر دو مقادیر میانه «K» و «B_{init}» تا حدودی به سمت مقدار کم اریب به‌نظر می‌رسند، در حالی‌که نرخ کاهش و برداشت کمی تا حدودی به‌سمت مقدار زیاد اریب به‌نظر می‌رسد. باید توجه داشت که دامنه‌های اطمینان لزوماً حول برآورد میانگین یا میانه متقارن نیستند.

به‌وضوح برخی از انحرافات عمده بین مقادیر CPUE پیش‌بینی شده و مشاهده‌شده در دهه ۱۳۸۰وجود دارد، اما برآورد میانه و دامنه‌های اطمینان پیرامون آن‌ها در دهه ۱۳۸۰ به‌خوبی تعریف شده‌اند. درحالی‌که، بین مقادیر CPUE پیش‌بینی شده و مشاهده‌شده در دهه ۱۳۹۰ اختلاف وجود ندارد، زیرا CPUE نزدیک به صفر بود (شکل ۹).



شکل ۷- نمودار برازش پارامترهای بهینه داده‌های صید ماهی کپور معمولی به روش بوت‌استرپ در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین. نمودار (ث) باقیمانده بین داده‌های برازش و CPUE را نشان می‌دهد.

جدول ۵- پارامترهای برآورد شده به روش بوت‌استرپ برای داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین.

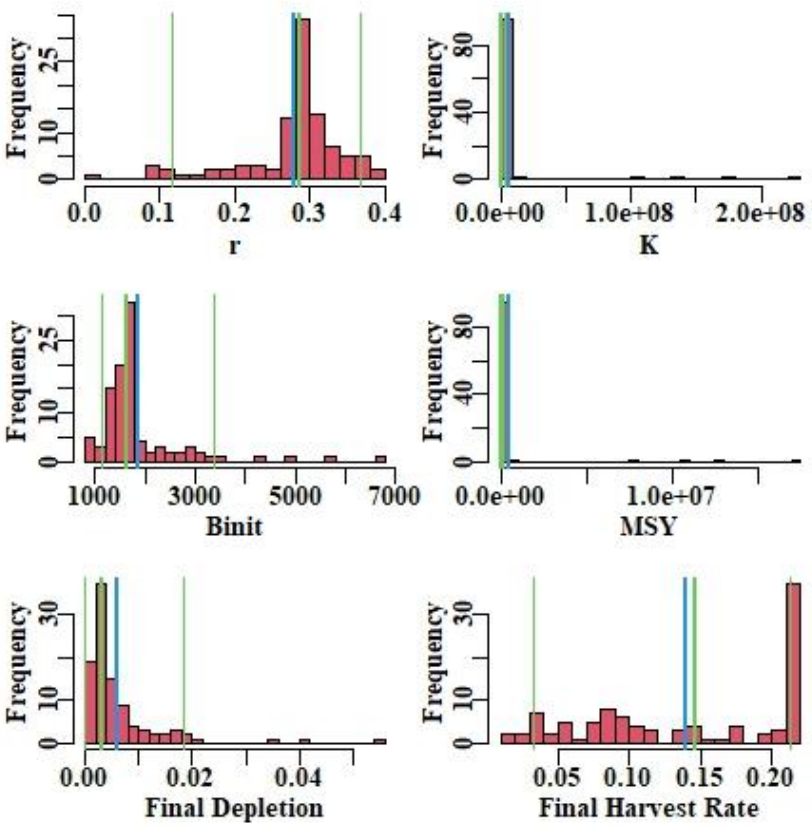
پارامتر*	rmseresid	MSY	Bmsy	Dmsy	Blim	Btarg	Ctarg	Dcurr	Rmse
برآورد	۲/۳۳	۱۰۶۰	۷۱۸۸	۰/۴۹۸	۲۸۴۹	۶۸۹۹	۱۰۵۸	۰/۰۰۵۱	۰/۰۸۹۶

*ریشه میانگین مربعات باقیمانده خطا (Root mean squared error residuals (rmseresid))، زیست‌توده در MSY (Biomas MSY (Bmsy))،کاهش ذخیره در MSY (Deplation MSY; Dmsy)، حد آستانه زیست‌توده (تولید ماهیان جوان احیاء شده) (Biomass limit; Blim)، زیست‌توده هدف (Biomass limit; Blim)، صید هدف (Catch target; Ctarg)، کاهش جاری (ذخیره) (Deplation current; Dcurr) و ریشه میانگین مربعات خطا (Root mean squared error; rmse).

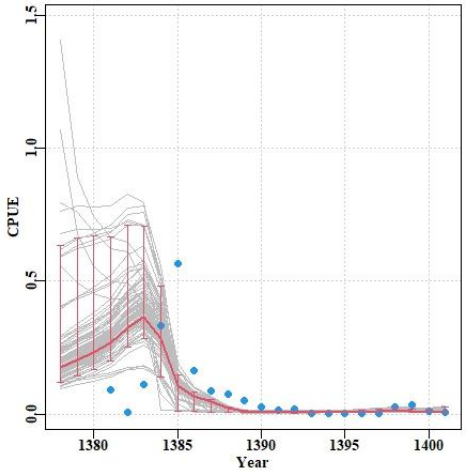
جدول ۶- میانگین برآورد پارامترها و خروجی مدل و دامنه اطمینان آنها به روش بوت‌استرپ برای داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های مورد بررسی در جنوب شرقی دریای کاسپین. مقادیر ستون ۰/۵ (ستون خاکستری)، مقادیر میانه هستند.

پارامتر*	۰/۰۲۵	۰/۰۵	۰/۵	۰/۹۵	۰/۹۷۵	میانگین
r	۰/۰۹۷۶	۰/۱۱۷۵	۰/۲۸۶۳	۰/۳۶۶۲	۰/۳۷۵	۰/۲۷۷۸
K	۵۰۸۶/۲۹	۱۰۲۴۹/۱۵	۱۵۱۴۳/۷۴	۳۴۳۸۴۶۰/۲	۱۲۲۵۲۲۲۰۰	۶۷۱۹۵۷۴/۴
B_{init}	۹۵۱/۹۹۹	۱۱۳۱/۵	۱۶۳۱/۸۳۱	۳۳۹۸/۶۴	۴۷۰۵/۰۳	۱۸۵۵/۵۵
MSY	۲۳۶/۷۵	۳۱۲/۱۰	۱۰۸۴/۲۸	۱۹۸۷۷۳/۷	۹۳۶۷۴۳۱	۴۹۴۳۲۱/۳
Deplation	۰	۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۱۸۴	۰/۰۲۸۱	۰/۰۰۶۱
Harvest	۰/۰۲۶۴	۰/۰۳۳۹	۰/۱۴۶۴	۰/۲۱۲۵	۰/۲۱۳	۰/۱۴۰۳

*ضریب رشد جمعیت (r)، توان حمل بیولوژیک (K)، زیست‌توده اولیه جمعیت بهره‌برداری نشده (B_{init})، حداکثر تولید پایدار (MSY)، کاهش زیست‌توده جمعیت (Deplation) و برداشت (Harvest).



شکل ۸- هیستوگرام فواصل اطمینان صدکی ۱۰۰۰ تکرار بوت‌استرپ برازش شده به داده‌های صید ماهی کپور معمولی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۸ در جنوب شرقی دریای کاسپین. خطوط سبز عمودی، در هر مورد، میانه و فاصله اطمینان صدک ۹۰ام است و خطوط آبی مقادیر میانگین هستند. ضریب رشد جمعیت (*r*)، توان حمل بیولوژیک (*K*)، زیست‌توده اولیه جمعیت بهره‌برداری نشده (B_{init})، کاهش زیست‌توده جمعیت (Deplation)، نرخ برداشت نهایی (Final Harvest Rate) و فراوانی (Frequency).



شکل ۹- نمودار CPUE مشاهده شده اصلی (نقاط آبی)، CPUE پیش‌بینی شده بهینه (خط قرمز یکدست)، بوت‌استرپ پیش‌بینی شده CPUE (خطوط خاکستری)، و فاصله اطمینان صدک ۹۰ حول آن مقادیر پیش‌بینی شده است.

۴ | بحث

ارزیابی ذخایر آبزیان اطلاعات با ارزشی را جهت تدوین سیاست مدیریت بهره‌برداری منابع شیلاتی در اختیار مدیران شیلاتی قرار می‌دهد. با این وجود، برای اکثر ذخایر ماهی که مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند به‌دلیل ضعف و کمبود داده نقاط مرجع رسمی شیلات وجود ندارد (Froese *et al*., 2012; Zhang *et al*., 2023). بنابراین، میزان بهره‌برداری و وضعیت ذخایر تا حد

زیادی ناشناخته است. چندین روش برای ارزیابی ذخیره آبزیانی که دارای ضعف داده هستند توسعه یافته است که ساده‌ترین آن مدل تولید مازاد است، که حداقل داده مورد نیاز برای تخمین پارامترها برای این مدل، سری‌های زمانی شاخص فراوانی نسبی و داده‌های صید مرتبط است (Haddon *et al*., 2019; Haddon, 2020). در این مطالعه از داده‌های صید و صید به ازای واحد تلاش صیادی (به‌عنوان شاخص فراوانی) ماهی کپور معمولی از سال ۱۳۷۸ تا ۱۴۰۱ در جنوب شرقی کاسپین برای برازش مدل تولید مازاد استفاده شد. همبستگی منفی بین صید و CPUE نشان می‌دهد صید بر پویایی ذخیره ماهی و به‌نوبه خود بر CPUE تأثیر می‌گذارد (Haddon *et al*., 2019; Haddon, 2020). در مطالعه مدل تولید مازاد، وجود شاخصه همبستگی منفی تأخیر زمانی (time-lag= -۱۰) بین داده‌های صید و CPUE ماهی کپور صید شده از سال ۱۳۷۸ تا ۱۴۰۱ در جنوب شرقی کاسپین نشان داد داده‌های شاخص فراوانی اطلاعات بیشتری نسبت به صیدها ارائه می‌دادند، به‌طوری‌که ۱۰ سال پس از رخداد بیشینه صید در سال ۱۳۸۵، کاهش CPUE در سال ۱۳۹۵ رخ داد. در یک فعالیت شیلاتی پیشرفته، اگر صید (ماهیگیری catches) واقعاً بر پویایی ذخایر تأثیر بگذارد، به‌نوبه خود بر CPUE نیز تأثیر می‌گذارد، پس انتظار داریم که اگر صید افزایش یابد، نرخ صید catch rate کاهش یابد، و اگر صید کاهش یابد، انتظار داریم CPUE در نهایت افزایش یابد (Haddon, 2021). بنابراین، انتظار این است که در یک صنعت شیلاتی پیشرفته CPUE با صید همبستگی منفی داشته باشد، احتمالاً در پاسخ به تغییرات در صید با یک فاصله زمانی تغییراتی در بین CPUE مشاهده می‌شود. اگر بتوانیم چنین رابطه‌ای را پیدا کنیم، معمولاً به این معنی است که درجاتی از تضاد در داده‌ها وجود دارد. اگر نتوانیم چنین رابطه منفی را پیدا کنیم، به‌طورکلی به این معنی است که با توجه به نحوه واکنش ذخیره به ماهیگیری، محتوای اطلاعاتی داده‌ها بسیار پایین است که بتواند یک ارزیابی را فقط براساس صید و شاخص فراوانی نسبی ارائه کرد. یعنی CPUE اطلاعات کمی در مقایسه با اطلاعاتی که از صید به دست می‌آید اضافه می‌کند (Haddon, 2021).

اولین گام در برازش تولید مازاد، حدس زدن مجموعه پارامترهای اولیه (r، K و B_{init}) است تا یک راه حل برای به‌دست آوردن CPUE پیش‌بینی شده ارائه شود. اگرچه، در این مطالعه از روش catch-MSY برای ایجاد اولین برآوردها برای پارامترهای r و K استفاده شد (برای مثال با ۲۰۰۰۰ تکرار، پارامترها r، K و B_{init} به‌ترتیب ۰/۰۷۵ در سال، ۶۹۵۲ تن، و ۳۵۰۰ تن برآورد شد)، برای یافتن نقاط شروع مناسب می‌توان از قوانین سرانگشتی نیز استفاده کرد (Haddon *et al*., 2019; Haddon, 2020). مقدار MSY برآورد شده با مقادیر پارامتر حدس زده شده منفرد (یگانه) برابر با ۱۳۰ تن بود؛ اما با برازش مدل تولید مازاد با روش تکرار مقادیر پارامتر، MSY برابر با ۱۳۲۰ تن به‌دست آمد. این تکرار چندین باره برازش مدل تولید مازاد ارزشمند است زیرا نشان می‌دهند که مقادیر آغازین اولیه می‌توانند بر راه‌حل نهایی تأثیرگذار باشند؛ به‌طوری‌که نباید بلافاصله به راه‌حلی که به‌صورت عددی یافت می‌شود اعتماد کرد مگر اینکه این راه‌حل‌ها مورد آزمایش قرار داده شوند تا تعیین گردد چقدر نسبت به شرایط اولیه قوی‌تر است (Haddon *et al*., 2019; Haddon, 2020). همچنین، زمانی‌که از مقادیر آغازین چندگانه جهت برازش مدل تولید مازاد استفاده شد مدل مازاد شفر نیز بر داده‌های صید کپور برازش شد، درحالی‌که در مطالعه Fauziyah و همکاران (۲۰۲۰) مدل تولید مازاد فاکس بهتر بر داده‌های ماهی سرخو (*Lutjanus* sp.) برازش شد.

MSY یک نقطه مرجع بیولوژیک معمول برای ارزیابی ذخایر است (Costello and Ovando, 2019)؛ درحالی‌که B/B_{MSY} به‌عنوان یک معیار برای تعیین وضعیت ذخیره استفاده می‌شود (Barman *et al*., 2021). نمودار فازی نشان می‌دهد ذخیره ماهی کپور ناپایدار است، به‌طوریکه زیست‌توده فعلی از زیست‌توده (مرجع) حد مجاز و زیست‌توده مرجع هدف پایین‌تر

است. به‌عبارت دقیق‌تر، ذخیره به مرحله ماهیگیری بیش از حد (overfishing) رسیده است. همچنین، نرخ برداشت از نقاط مرجع حد مجاز و نقاط مرجع هدف نرخ برداشت پایین‌تر است (یعنی $F/F_{MSY} < 1$) که نشان می‌دهد ذخیره از نظر نرخ برداشت در دامنه امن قرار دارد. اما با وجود نرخ برداشت امن، زیست‌توده ذخیره در سال آخر این مطالعه نزدیک به صفر است که می‌توان بیان کرد ذخیره به مرحله صید بی رویه (overfished) رسیده است (Haddon *et al*., 2019; Barman *et al*., 2022).

۵ | نتیجه‌گیری نهایی

مدل تولید مازاد یک روش ارزیابی ذخیره و نقاط مرجع شیلاتی در ذخایر با داده‌های کمی محدود با هدف رسیدن به صید پایدار است (Cadrin, 1999). اما با توجه به باقیمانده‌های نسبتاً بزرگ بین خط برازش مدل و داده‌ها، می‌توان انتظار داشت درجه نسبتاً بالایی از عدم قطعیت در این مدل وجود داشته باشد (Haddon *et al*., 2019) که لازم است از سایر مدل‌ها مانند مدل تولید مازاد بیزین (BSM) و صید-حداکثر تولید پایدار (CMSY) برای بررسی وضعیت ذخیره ماهی کپور استفاده کرد. با این وجود، این مدل نشان داد ذخیره ماهی کپور در جنوب شرقی دریای کاسپین در وضعیت صید بی‌رویه قرار دارد. از آنجا که ماهی کپور یک ماهی تجاری مهم در جنوب شرقی دریای کاسپین است همگام با رهاسازی بچه‌ماهیان کپور جهت بازسازی ذخایر لازم است صید این ماهی کنترل گردد تا ذخیره آن بازسازی گردد.

۶| ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافع شناخته شده‌ای ندارند که به‌نظر برسد بر کار گزارش شده در این مقاله تأثیر بگذارد.

تقدیر و تشکر

این طرح با حمایت مالی دانشگاه گنبدکاووس و با مصوبه شورای پژوهشی دانشگاه به شماره پرونده ۶/۰۱/۱۴۴اجرا شده است .بدینوسیله از حمایت‌های ریاست محترم دانشگاه و مدیریت محترم پژوهشی دانشگاه و همکاران گروه شیلات تقدیر و تشکر می‌نماییم.

REFERENCES

Alijani R., Vafakhah M., Malekian A. 2016. Spatial and Temporal Analysis of Monthly Streamflow Deficit Intensity in Gorganroud Watershed, Iran. Ecopersia, 4(1): 1313-1329 .

Barman P.P., Liu Q., Al-Mamun M.A., Schneider P., Mozumder M.M.H. 2021. Stock assessment of exploited sardine populations from northeastern bay of Bengal water, Bangladesh using the length-based Bayesian biomass (LBB) method. Journal of Marine Science and Engineering, 9(10): 1137 .

Barman P.P., Shamsuzzaman M.M., Schneider P., Mozumder M.M.H., Liu, Q. 2022. Fisheries Reference Point and Stock Status of Croaker Fishery (Sciaenidae) Exploited from the Bay of Bengal, Bangladesh. Journal of Marine Science and Engineering, 10(1): 63 .

Cadrin S.X. 1999. A precautionary approach to fishery control rules based on surplus production modeling. *Proceedings, 5th NMFS NSAW* .

Costello C., Ovando D. 2019. Status, institutions, and prospects for global capture fisheries. Annual Review of Environment and Resources, 44:177-200 .

Cousido-Rocha M., Pennino M.G., Izquierdo F., Paz A., Lojo D., Tifoura A., Zanni M.Y., Cerviño S. 2022. Surplus production models: a practical review of recent approaches. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 32(4): 1085-1102

Fauziyah A., Purwiyanto I., Agustriani F., Putri W., Putra A. 2020. Determining the stock status of snapper (Lutjanus sp.) using surplus production model: a case study in Banyuasin coastal waters, South Sumatra, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

doi:10.1088/1755-1315/404/1/012009

Froese R., Winker H., Coro G., Palomares M. L. D., Tsikliras A. C., Dimarchopoulou D., Touloumis K., Demirel N., Vianna G., Scarcella G. 2021. Catch time series as the basis for fish stock assessments: the CMSY++ method. *Frontiers in Marine Science*. https://oceanrep.geomar.de/

Froese R., Zeller D., Kleisner K., Pauly, D. 2012. What catch data can tell us about the status of global fisheries. Marine Biology, 159: 1283-1292 .

Haddon M., Burch P., Dowling N., Little R. 2019. Reducing the number of undefined species in future status of Australian Fish Stocks Reports: Phase Two-training in the assessment of data-poor stocks. In: CSIRO Oceans and Atmosphere and Fisheries Research and Development.…

Haddon, M. 2020. *Using R for modelling and quantitative methods in fisheries*. CRC Press . London.

Hilborn R., Walters C.J. 2013. *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Springer Science & Business Media .

Kiyabi B., Ghaemi R., Abdoli, A. 1999. *Wetland and riverian ecosystems of Golestan Province* . Deparment of the Environment, Golestan province office, Gorgan, Iran. (In Persian)

Martell S., Froese R. 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. Fish and Fisheries, 14(4): 504-514 .

Miyagawa M., Ichinokawa M., Yoda M., Kurota H., Ohshimo S., Nishida H. 2021. Commentary: stock status assessments for 12 exploited fishery species in the Tsushima Warm Current region, Southwest Japan and East China, using the CMSY and BSM methods. Frontiers in Marine Science, 8: 703039 .

Pyo, H.-D. 2006. A comparative analysis of surplus production models and a maximum entropy model for estimating the anchovy's stock in Korea. Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 18(1): 19-30 .

Schaefer M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bulletin, Inter-American Tropical Tuna Commission, 1: 25-56 .

Schaefer M.B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. Bulletin, Inter-American Tropical Tuna Commission, 2: 247-285.

Zhang K., Zhang J., Zhang P., Su, L., Hong X., Qiu Y., Chen Z. 2023. This is what we know: Assessing the stock status of the data-poor skipjack tuna (Katsuwonus pelamis) fishery in the South China Sea. Frontiers in Marine Science, 10: 1095411.

نحوه استناد به مقاله:

کردجزی ض.، فرهنگی م.، لاریجانی م. برآورد حداکثر تولید پایدار ماهی کپور دریایی، *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758، با استفاده از مدل تولید مازاد در جنوب شرقی دریای کاسپین (استان گلستان). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۲. ۱۱(۴): ۴۵-۳۲.

Kordjazi Z., Farhangi M., Larijani M. Estimating maximum sustainable yield (MSY) using surplus production model (SPM) for *Cyprinus carpio* in the southeastern Caspian Sea. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(4): 32-45.

Journal of Applied Ichthyological Research Vol. 11, No 4, 32-45
Print ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir

Estimating maximum sustainable yield (MSY) using surplus production model (SPM) for *Cyprinus carpio* in the southeastern Caspian Sea

Ziya Kordjazi[1]*, Mohammad Farhangi[1], Mohammad Larijani[2]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[2]Inland waters Aquatic Stocks Research Center, Iranian Fisheries Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

Type:
Original Research Paper

Paper History:

Received: 29-12-2024
Accepted: 22-07-2024

Corresponding author:

Ziya Kordjazi
Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

Email:
ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir

z.kordjazi@gmail.com

Abstract

The stock status of most fisheries resources is not well-known, which is associated with limited data available for stock assessment. To overcome this gap, several data-limited stock assessment models, including the surplus production model, were applied to estimate stock status of these data-limited resources where no sufficient data is available to apply the conventional stock assessment models. To estimate MSY, catch and CPUE data for *Cyprinus carpio* caught from the southeastern Caspian Sea were applied. Twenty-two years data (1999-2022) were analysed by SPM to estimate MSY. Three parameters including population growth rate (r), population carrying capacity (K), and initial biomass for an exploited population (B_{init}) required for estimating MSY were guessed 0.075 (/yr), 6952 tones, and 3500 tones, respectively by the catch-MSY model. The estimated MSY using these guessed parameters by SPM was 130 tones. While, estimated MSY using the repeated (multiple) starting points was 1320 tones. Phase plot indicated that the current status was both below the limited and the target biomass reference points. These illustrated the stock of *C. carpio* in the southeatern Caspian Sea is unsustainable and overfished. Since, survival of *C. carpio* depends the releasing hatchery reared juveniles to the wild, specific fisheries management should be applied to prevent the undersize catch and illegal fishing.

Keywords: Surplus production model, MSY, Overfishing, *Cyprinus carpio*, Caspian Sea