مروری بر روش‌های ارزیابی ذخایر ماهیان در اکوسیستم‌های طبیعی

نسرین مرادی[1]، حامد شعبانلو*[2]،سهیل ایگدری[3]

1، 2. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

3. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

* مسئول مکاتبات: shabanloo.hamed@ut.ac.ir

چکیده

اصطلاح «ذخیره» (Stock) به گروهی از افراد یک گونه که در یک مکان و یک زمان معین کنار هم هستند، اشاره دارد که دارای نرخ رشد و مرگ و میر مشابهی هستند و واکنش‌های مستقلی نسبت به برداشت (صید) نشان می‌دهند. ارزیابی ذخایر شیلاتی برای مدیریت پایدار صیادی ضروری است و با ارتقاء برنامه‌های مدیریتی می‌تواند فرآیند تصمیم‌گیری صید را بهبود بخشد. انواع روش‌های ارزیابی ذخایر عبارتند از: 1) روش‌های مبتنی بر داده‌های محدود (CPUE). 2) مدل‌های دینامیک زیست‌توده (تولید مازاد). مانند مدل شفر (Schaefer). 3) مدل‌های ساختار یافته سنی مانند آنالیز جمعیت مجازی (VPA) و مدل‌های آماری صید در سن 4) مدل‌های یکپارچه و ساختار یافته طولی. 5) روش‌های بیزین و حالت فضایی (مکانی). انتخاب مدل نیز بر اساس در دسترس بودن داده‌ها، ویژگی‌های تاریخچه حیات گونه‌ها و سؤالات مدیریتی انجام می‌شود. منابع داده برای ارزیابی ذخایر ماهیان نیز مبتنی بر دو نوع داده اصلی است: 1) داده‌های وابسته به صید مانند داده‌هایی که در مورد وزن صید و گاهی اوقات توزیع سایز ارائه می‌شوند و 2) داده‌های مستقل از صید مانند DNA محیطی (eDNA). براساس بررسی‌های صورت گرفته جهت اینکه فرآیند ارزیابی ذخایر به سمت وضعیت عملیاتی و کابردی سوق پیدا کند، باید تغییراتی در سه جنبه از این فرآیند ایجاد شود. اول، جریان‌های داده‌های کلیدی، خود باید عملیاتی‌تر و کاربردی شوند تا داده‌های مرتبط قابل اعتماد و فوراً در دسترس باشند. دوم، مدل‌های ارزیابی ذخایر باید توانایی بیشتری برای گنجاندن داده‌های مرتبط متنوع و محاسبه جامع سطوح عدم قطعیت داشته باشند. سوم، افزایش توان عملیاتی به‌روزرسانی‌های ارزیابی ذخایر، مستلزم ساده‌سازی فرآیند بازنگری گسترده است که در حال حاضر مورد نیاز است تا نتایج ارزیابی ذخایر بتواند به عنوان مبنای علمی برای مدیریت صید استفاده شود.

واژگان کلیدی: ارزیابی ذخایر، صید پایدار، صید مبتنی بر طول، صید مبتنی بر وزن، آنالیز جمعیت مجازی.

مقدمه

صطلاح «ذخیره» (Stock) به گروهی از افراد یک گونه که در یک مکان و یک زمان معین کنار هم هستند اشاره دارد که دارای نرخ رشد و مرگ و میر مشابهی هستند و واکنش‌های مستقلی نسبت به برداشت (صید) نشان می‌دهند. اطلاعات مربوط به ذخایر ماهیان برای کمک به جلوگیری از صید بی‌رویه ذخایر در معرض خطر، حیاتی است. بنابراین ارزیابی ذخایر ماهیان جزء مهمی از مدیریت شیلاتی جهت بهره‌برداری پایدار از ذخایر است. ذخایر ماهیان توسط چندین عامل طبیعی مانند آب و هوا، شرایط فیزیکی، زیستی و شیمیایی محیط و روابط شکارچی و شکار کنترل می‌شود (Khandan Barani, 2024).

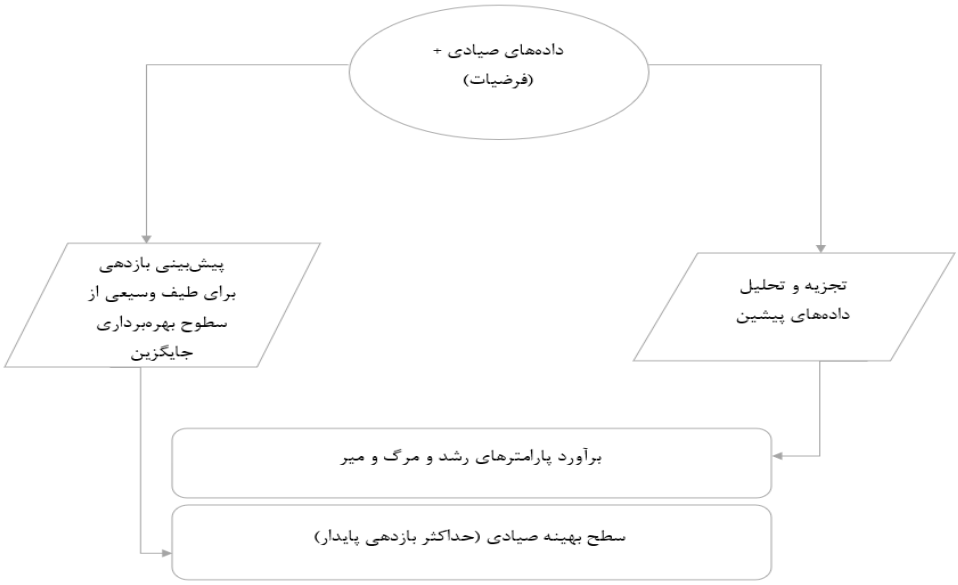
هدف اصلی از انجام ارزیابی، برآورد وضعیت ذخایر ماهیان است تا در بلندمدت، خودپایداری ذخایر ماهیان تثبیت شود. در واقع ارزیابی ذخایر در مورد وضعیت فعلی ذخایر ماهیان، آنچه در گذشته برای ذخایر اتفاق افتاده است، آنچه انتظار می‌رود در آینده در صورت عدم تغییر در سطوح صیادی برای ذخایر اتفاق بیفتد و همچنین آنچه در صورت اتخاذ گزینه‌های جایگزین مدیریتی اتفاق خواهد افتاد، اطلاعاتی ارائه می‌دهد (شکل 1). با این حال، همه روش‌های ارزیابی ذخایر نیز همه این اطلاعات را ارائه نمی‌دهند. روش‌های ارزیابی ذخایر را می‌توان به روش‌های مختلفی تقسیم و طبقه‌بندی کرد. طبقه‌بندی روش‌های ارزیابی ذخایر بستگی به این دارد که آیا این روش‌ها کیفی یا کمی، قطعی یا تصادفی،

تعادلی یا پویا، مبتنی بر سن یا طول، مدل‌های دینامیکی زیست‌توده یا تحلیلی هستند و اینکه آیا این روش‌ها شامل روابط ذخایر – بازیابی جمعیت می‌شوند یا فقط به ازای هر زادآوری ارزیابی را انجام می‌دهند (Chamera *et al.*, 2025).

مدل‌های موجود بیشتر برای اهداف تجاری و صیادی کاربرد دارند و کمتر به مسائل زیست‌محیطی توجه دارد. هرچند به نظر می‌رسد بخشی از جمعیت برای حفظ و بقای گونه‌ای باقی می‌ماند، ولی همچنان از بسیاری از شاخص‌های زیستی چشم‌پوشی می‌شود. همچنین برای راستی‌آزمایی از مدل‌های رایج، می‌توان با روش‌های مختلفی مانند استفاده از ماهواره‌ها، مدل‌های ژنتیکی، پایش‌های منظم و بررسی شاخص‌ها، صحت آن مدل‌ها را مشخص نمود. آنها همچنین تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و به خصوص میزان صید قرار می‌گیرند (Borna *et al.*, 2019). در سطح مدیریتی انتظارات زیادی برای توصیه‌های مبتنی بر علم به منظور صید هرچه بیشتر ذخایر ماهیان مجاز به برداشت وجود دارد، اما در حال حاضر برای اکثر گونه‌های تحت مدیریت دولت‌ها، توصیه‌هایی در مورد محدودیت‌های صید توسط اتحادیه اروپا و ایالات متحده آمریکا و استرالیا وجود دارد (Punt, 2019). محدود بودن داده‌ها و نیاز به ارائه توصیه‌های مبتنی بر علم برای جمعیت‌های بهره‌برداری شده، منجر به توسعه روش‌های آماری شده است که چندین منبع اطلاعات را در یک تحلیل واحد ترکیب می‌کنند (Maunder and Punt, 2013).

با این وجود، برآوردها همیشه هم اطلاعات کافی برای ارزیابی کیفیت داده‌ها و برآورد کافی پارامترهای مدل، ارائه نمی‌دهند. در واقع بهترین شاخص ارزیابی، شاخصی است که می‌تواند عواملی را که عدم قطعیت را افزایش می‌دهند (مانند تغییر در رفتار صیاد، تغییر در نوع تجهیزات صید یا پوشش فصلی) کنترل کند (Bhat, 2019).

با توجه به گستردگی روش‌ها و مدل‌های ارزیابی ذخایر آبزیان و اهمیت شناخت و استفاده از مناسب‌ترین مدل‌های متناسب با شرایط هر منطقه، این مقاله مروری با نگاهی جهانی به مطالعات صورت گرفته در این زمینه در صدد است تا جنبه‌های مختلف روش‌های ارزیابی ذخایر آبزیان را بررسی نماید تا در اتخاذ تصمیمات مدیریتی صید و سیاست‌های زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرند. در شکل 1 نمودار جریان عمومی برای ارزیابی ذخایر آبزیان ارائه شده است.



شکل 1: نمودار جریان عمومی برای ارزیابی ذخایر آبزیان.

مواد و روش‌ها

مدل‌های ارزیابی ذخایر شیلاتی، داده‌های اکوسیستم را به مدیریت کمی صید مرتبط می‌سازند. قوانین کنترلی که محدودیت‌ها و اهداف سالانه صید را از نتایج ارزیابی ذخایر محاسبه می‌کنند، جزء مشترک برنامه‌های مدیریت شیلاتی هستند. در حالت ایده‌آل، نتایج چنین قوانین کنترلی سالانه بر اساس پیش‌بینی‌های ارزیابی ذخایر به‌روزرسانی می‌شود تا نوسانات فراوانی ذخایر را پیگیری کنند. هنگامی که مدیریت ارزیابی ذخایر

شیلاتی به این سطح از توان دست می‌یابد، آنها واقعاً مدل‌های عملیاتی در نظر گرفته می‌شوند، دقیقاً مانند مدل‌های فیزیکی پیچیده که برای به‌روزرسانی معمول پیش‌بینی‌های آب و هوا استفاده می‌شوند. اما در واقعیت، بسیاری از ارزیابی‌های معاصر به یک تحقیق علمی فردی نزدیک‌تر هستند تا به یک مدل عملیاتی. در نتیجه، بررسی ارزیابی ذخایر، فرآیندی گسترده است و فاصله بین کسب اطلاعات و تعیین سهمیه صید ممکن است تا چندین سال افزایش یابد (Methot, 2009). در ادامه به انواع این رویکردها و روش‌ها می‌پردازیم.

روش‌های مبتنی بر داده‌های محدود

صیادی و ذخایر فاقد مجموعه داده‌های جامع معمولاً به عنوان صیادی با «محدودیت داده» شناخته می‌شوند. اخیراً، بسیاری از روش‌های با داده محدود توسعه یافته‌اند که برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده جهت مدیریت شیلاتی صید مبتنی بر علم صیادی در ذخایر ارزیابی نشده که داده‌ها و منابع محدود هستند به کار می‌روند (Pons *et al.*, 2020). هنگامی که داده‌های دقیق در دسترس نیستند، می‌توان از مدل‌های ساده‌تر استفاده کرد که اساساً به سوابق صید و پارامترهای اساسی تاریخچه زندگی متکی هستند. (مثلاً روش‌های مبتنی بر طول یا روش‌های مبتنی بر میران صید به ازای واحد تلاش CPUE)، این روش‌ها توصیه‌های جهت‌داری را ارائه می‌دهند (به عنوان مثال، افزایش یا کاهش صید) اما معمولاً نمی‌توانند زیست‌توده مطلق یا نقاط مرجع را برآورد نمایند (NOAA Fisheries, 2025). برآورد فراوانی جمعیت در غیاب داده‌های نظارتی خوب، بسیار دشوار است، اما برای حفاظت از تنوع زیستی و استفاده پایدار از منابع طبیعی ضروری است. در زمینه تحقیقات مربوط به صید، مقررات مدیریتی برای مدت طولانی خواهان برآورد فراوانی جمعیت بوده است، حتی اگر داده‌های موجود کم باشد، که این امر منجر به توسعه طیف وسیعی از روش‌های ارزیابی ذخایر طراحی شده برای جمعیت‌هایی با داده‌های محدود شده است. چارچوب سلسله مراتبی بیزین به عنوان امیدوارکننده‌ترین راه برای توسعه آینده و بهبود شیوه‌های فعلی پیشنهاد شده است (Chrysafi and Kuparinen, 2016). روش‌های مبتنی بر محدودیت داده با استفاده از مشاهدات کاهش ذخایر، بهترین عملکرد کلی را در انواع تاریخچه زندگی، کیفیت داده‌ها و خودهمبستگی در قدرت بازیابی ذخایر ارائه می‌دهند. با این حال، این روش‌های مدیریتی مبتنی بر تعیین محدودیت‌های صید هستند و برای استفاده در صیادی با داده‌های محدود طراحی شده‌اند که داده‌های صید سالانه برای آنها در دسترس است و گاهی‌اوقات هم همراه با یک شاخص فراوانی نسبی ارائه می‌شوند (Pons *et al.*, 2020).

روش‌های مبتنی بر تولید مازاد (مدل‌های دینامیک زیست‌توده)

مدل‌های دینامیک زیست‌توده، ذخایر ماهیان را به عنوان یک واحد زیست‌توده بدون ساختار سنی صریح در نظر می‌گیرند (NOAA Fisheries, 2025). سه مدل پرکاربرد دینامیک زیست‌توده وجود دارند که مدل‌های تولید مازاد نیز نامیده می‌شوند یعنی Schaefer، Fox و Pella-Tomlinson. این مدل‌ها بر اساس برخی مفروضات بنا شده‌اند. متداول‌ترین مدل مورد استفاده شفر (Schaefer) است که بر اساس مدل رشد جمعیت لجستیک است:

$$\frac{dB}{dt} = rB(B_\infty - B)$$

رابطه (1)

که در این رابطه (1) B زیست‌توده ذخایر ماهیان، t زمان و r نرخ حقیقی افزایش جمعیت است. مدل‌های دینامیک زیست‌توده می‌توانند سطح تلاشی را تعیین کنند که در آن یک صید، حداکثر بازدهی از یک ذخایر ماهی را به شیوه‌ای پایدار تولید کند، بدون اینکه بهره‌وری بلندمدت را که حداکثر بازدهی پایدار نامیده می‌شود، تغییر دهد (Baset *et al.*, 2017).

مدل‌های ساختار یافته سنی

آنالیز جمعیت مجازی (VPA) یک تکنیک مدل‌سازی است که معمولاً در علم شیلات برای بازسازی ساختار جمعیت بر پایه رویدادهای پیشین ذخایر ماهیان با استفاده از اطلاعات مربوط به مرگ و میر ماهیان در هر مرحله زمانی استفاده می‌شود. این مراحل زمانی معمولاً سالانه هستند (البته نه لزوماً) و مرگ و میرها هم معمولاً به مرگ ناشی از صید شدن و مرگ و میر طبیعی تقسیم می‌شوند (Mahmood, 2022). VPA بر طبقات سنی یا کوهورت‌ها – ماهیان متولد شده در سال‌های خاص– تمرکز می‌کند. در واقع VPAها از اطلاعات سال به سال در مورد صید برای هر طبقه سنی استفاده می‌کنند تا تخمین بزنند که هر طبقه سنی چقدر باید باشد تا بتواند از این صیدها پشتیبانی نماید (NOAA

Fisheries, 2025). در واقع آنالیز جمعیت مجازی (VPA) مجازی است به این معنا که اندازه جمعیت مستقیماً مشاهده یا اندازه‌گیری نمی‌شود، بلکه استنباط یا محاسبه می‌شود، به این صورت که اندازه معینی در گذشته برای حمایت از صید ماهیان مشاهده شده و نرخ مرگ فرضی، ناشی از دلایل غیرمرتبط با صیادی بوده است (Mahmood, 2022). زیست‌توده قابل بهره‌برداری و حداکثر عملکرد پایدار معمولاً از مدل‌های آماری صید در سن که به اطلاعاتی در مورد تاریخچه صید، پارامترهای تاریخچه زندگی، شاخص‌های فراوانی و اندازه و یا ترکیبات سنی صید نیاز دارند، مشتق می‌شود. هنگامی که حداکثر بازده پایدار به طور قابل اعتماد قابل برآورد نیست، به جای آن از شاخص‌های نشانگر استفاده می‌شود (Cope, 2013).

مدل‌های یکپارچه و ساختار یافته طولی

رویکرد «تحلیل یکپارچه» برای نخستین بار توسط Fournier و Archibald در سال 1982 فرمول‌بندی شد. تحلیل یکپارچه چندین منبع داده را در یک تحلیل واحد ترکیب می‌کند و اساساً ساخت یک احتمال مشترک برای داده‌های مشاهده شده است که می‌تواند در هر چارچوب مبتنی بر احتمال استفاده شود. کاربرد کنونی آنالیز یکپارچه شامل استفاده از تمام داده‌های موجود به شکل خام در حد مناسب، در یک تحلیل واحد است. آنالیزهایی که به طور سنتی مستقلاً انجام می‌گرفت، اکنون به طور همزمان از طریق توابع احتمال انجام می‌شوند که شامل چندین منبع داده است. برای مثال، می‌توان با گنجاندن داده‌های پایه مورد استفاده در این رویکرد، توالی طولی و داده‌های شرطی سن در طول خاص در تابع احتمال، از آنالیز سنتی تبدیل داده‌های صید در طول به داده‌های صید در سن به منظور استفاده در مدل‌های پویایی جمعیت اجتناب کرد. این امر رابطه‌ی منطقی بین مفروضات مدل را امکان‌پذیر می‌سازد و اجازه می‌دهد تا عدم قطعیت مرتبط با هر دو منبع داده مانند محدودیت‌های صید تحت قوانین کنترل برداشت، به خروجی‌های مدل نهایی منتقل شود. تحلیل یکپارچه بسته به حوزه تحقیقاتی (پیش‌بینی آب و هوا، اقیانوس‌شناسی، هیدرولوژی) و حتی در یک زمینه تحقیقاتی، با نام‌های مختلفی شناخته می‌شود به عنوان مثال: داده‌گواری (Data Assimilation)، ادغام داده‌های مدل، مدل‌سازی معکوس، کالیبراسیون خودکار، رگرسیون غیرخطی چندگانه، یا تخمین اثر کلی (Maunder and Punt, 2013).

برای بسیاری از صیادی‌های در مقیاس کوچک، به دست آوردن سری‌های زمانی قابل اعتماد در کل تاریخچه صید امری دشوار است، در حالی که نمونه‌برداری طولی از صید آسان‌تر است. تخمین‌زنندگان مرگ و میر بر اساس یک طول خاص، فرض می‌کنند که مرگ و میر ناشی از صیادی به طور مستقیم بر میانگین طول صید در شرایط تعادل تأثیر می‌گذارد. این روش پایه با نسبت پتانسیل تخم‌ریزی مبتنی بر طول، اثرات ترکیبی یکپارچه مبتنی بر طول و مدل‌های رویکرد بیزین مبتنی بر طول، در میان سایر موارد، گسترش یافته است. این موارد امکان تخمین مرگ و میر آنی صیادی و نسبت پتانسیل تخم‌ریزی را در زمانی که پارامترهای بیولوژیکی اولیه شناخته شده‌اند، میسر می‌سازد (Pons *et al.*, 2020).

روش‌های بیزین و حالت فضایی (مکانی)

روش‌های بیزین جایگزین جذابی در ارزیابی مکانی ذخایر ماهیان فراهم می‌کنند. مزایای مدل‌سازی بیزین شامل انعطاف‌پذیری در ساختار مدل و کاربرد منابع داده‌های مختلف است و راه‌حل‌های ساده‌ای را در مورد نحوه ترکیب عدم قطعیت ارائه می‌دهد. اگرچه مدل‌های بیزین می‌توانند از نظر محاسباتی دشوار باشند، اما می‌توان این مدل‌ها را به‌سرعت با ابزارهای تحلیلی استنباط کرد (Juntunen *et al.*, 2014). ساختار مکانی در تحلیل‌های مدل‌سازی جمعیت تا دهه 1990، یعنی زمانی که رویکردهای «تحلیل یکپارچه» برای ارزیابی ذخایر ظهور پیدا کردند، مسکوت باقی ماندند. این رویکردها توسعه مدل پویایی جمعیت را از رابطه بین داده‌های موجود برای اهداف ارزیابی و پیش‌بینی‌های مدل تفکیک می‌کنند. دلایل متعددی برای گنجاندن ساختار مکانی در ارزیابی‌ها وجود دارد از جمله: افزایش واقع‌گرایی بیولوژیکی. همچنین داده‌های جمعیتی که ارزیابی می‌شوند روندهای متفاوتی را در فراوانی در میان مناطق نشان می‌دهند که نمی‌توان آن را صرفاً با تفاوت در انتخاب صید و بررسی در بین مناطق توضیح داد. راه‌های محاسبه ساختار مکانی عبارتند از: (الف) ابتدا نادیده گرفتن ساختار مکانی، (ب) پیش‌پردازش داده‌های مورد استفاده در ارزیابی ذخایر برای حذف اثرات مکانی (به عنوان مثال، با استفاده از استانداردسازی CPUE یا رویکردهای مدل‌سازی

مکانی برای ایجاد یک مجموعه داده ترکیبی برای آنالیز ذخایر واحد یا اعمال یک روش ترکیبی برای هر ذخیره. (ج) استفاده از رویکرد مناطق به عنوان ناوگان و (د) استفاده از مدلی که به صراحت ساختار مکانی را در پویایی جمعیت می‌گنجاند و تشریح می‌کند (Punt, 2019).

ارزیابی ذخایر ماهیان در آبهای شیرین

ارزیابی ذخایر شیلاتی همچنین برای مدیریت پایدار صیادی در آب شیرین نیز ضروری است و ارتقاء برنامه‌های مدیریتی می‌تواند فرآیند تصمیم‌گیری صید را بهبود بخشد (Chargui *et al.*, 2025). ارزیابی ذخایر ماهیان در اصل به دنبال پاسخ به سه پرسش اصلی است: 1) چه اتفاقی برای ذخایر ماهیان افتاده است؟ 2) وضعیت فعلی ذخایر چگونه است؟ و 3) چه اتفاقی ممکن است در آینده بیفتد؟ [5]. صید ماهیان آب‌های داخلی به منظور اهداف مختلف و با روش‌های متعددی مدیریت می‌شود. این اهداف معمولاً به انواع کاربری و همچنین عوامل اجتماعی- اقتصادی مرتبط با ذینفعان مربوطه مرتبط است. ابزارهایی شامل مدیریت بهره‌برداری (مانند صید، تلاش صیادی یا محدودیت اندازه)، مدیریت زیستگاه ماهیان (به عنوان مثال، تنظیم جریان رودخانه، مدیریت پوشش گیاهی آبزیان و غیره) و بهبود بخشیدن به وضعیت صیادی (مانند بالا بردن ذخایر بچه ماهیان تفریحگاه‌ها) برای این منظور به کار می‌روند (Lorenzen *et al.*, 2016). صید ماهیان در آب‌های داخلی می‌تواند بسیار متنوع، محلی و فصلی باشد. این پیچیدگی چالش‌هایی را برای نظارت ایجاد می‌کند و در نتیجه، بسیاری از ذخایر ماهیان آب‌های داخلی داده‌های کمی دارند و نمی‌توان با استفاده از روش‌هایی که معمولاً برای صید صنعتی دریایی اعمال می‌شود، ذخایر آنها را ارزیابی کرد (Fitzgerald *et al.*, 2018). منابع داده برای ارزیابی ذخایر ماهیان مبتنی بر دو نوع داده اصلی است: 1) داده‌های وابسته به صید مانند داده‌هایی که در مورد وزن صید و گاهی اوقات توزیع سایز ارائه می‌شوند (از جمله CPUE) و 2) داده‌های مستقل از صید مثل فناوری‌های صوتی و DNA محیطی (eDNA) که روشی نوظهور است و قطعات DNA را در آب یا رسوب، آنالیز می‌کند تا حضور گونه‌ها و به طور بالقوه، فراوانی نسبی آنها را استنباط نماید (Brief, 2020). ارزیابی ذخایر شیلاتی رودخانه‌ها برای اهداف مختلفی مورد نیاز است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (الف) فهرستی از منابع شیلاتی یک منطقه جغرافیایی مشخص، مانند یک کشور یا حوضه رودخانه‌ای که معمولاً برای برنامه‌ریزی اقتصادی در سطح کلان به کار می‌رود. در این حالت اغلب، روش‌های ارزیابی سریع (RAPID) کافی است، اگرچه در موارد خاص اطلاعاتی در مورد وضعیت صیادی نیز مورد نظر است. (ب) توسعه و مدیریت بهتر منابعی که صید بر آنها استوار است و پاسخ به سؤالات لجستیکی در مورد چگونگی و مکان استقرار منابع محدود. این امر مستلزم ارزیابی اولیه خاصی از سطح بهره‌برداری از ذخایر شیلاتی نسبت به پتانسیل آن با یک روش ساده است. پس از آن، مطالعات دقیق‌تر به یافته‌های بررسی اولیه بستگی دارد

روش‌های سریع (RAPID) برای ارزیابی پتانسیل صیادی

ارزیابی‌هایی که با روش‌های این دسته انجام می شوند معمولاً به سرعت به دست می‌آیند و ارزان هستند، اما دقت عمل برای دستیابی به این اهداف قربانی می شود. آنها برای اهدافی همچون ذخایر متنوع و بزرگ استفاده می شوند که فراوانی آنها مطالعه دقیق فردی را ناممکن یا دشوار می‌سازد و برای پیش‌بینی‌های اقتصادی ناخالص از ارزش یک منبع، برای ارزیابی نیازهای اولیه جهت توسعه و برای ارزیابی سریع تأثیرات زیست‌محیطی به کار می‌روند (Food and Agriculture Organization,1979).

فرض این روش‌ها این است که رودخانه‌ها یا بخش‌های مشابه رودخانه‌ها را می‌توان در مجموعه‌هایی دسته‌بندی کرد که جمعیت ماهی‌های آن‌ها به روش‌های مشابهی رفتار می‌کنند. اگرچه این روش‌ها ساده هستند، اما به داده‌های جمع‌آوری شده از تعدادی از سیستم‌های منفرد در طول سال‌ها متکی هستند. با در نظر گرفتن اطلاعات موجود برای اعضای قبلاً مطالعه شده هر مجموعه، پارامترهایی مانند زیست‌توده، بهره‌وری یا صید بالقوه ممکن است برای اعضای مطالعه نشده همان مجموعه برون‌یابی شود. باید در تفسیر حالت‌ها بر اساس این رویه دقت شود، زیرا فاقد اعتبار آماری جمع‌آوری داده‌های طراحی شده رسمی هستند (Food and Agriculture Organization,1979).

روش Leger-Huet

لجر و بعدها هوئت در طول مطالعات خود در مورد منابع صید رودخانه‌های بلژیک و شمال فرانسه توانستند تعمیم‌های ارزشمندی را در مورد منطقه‌بندی آب‌های جاری معتدله اروپا فرمول‌بندی کنند. در نتیجه Huet یک مدل ساده برای ارزیابی تقریبی فون ماهیان موجود برای بهره‌برداری از آن دسته از آب‌های متعلق به مجموعه رودخانه‌های معتدل اروپایی را ارائه کرد. فرمول اصلی این روش: $K = BLk$ است که

در آن K نشان‌دهنده بهره‌وری سالانه (یا برداشت) از آب به کیلوگرم در هر کیلومتر از رودخانه است، L نشان‌دهنده عرض متوسط رودخانه بر حسب متر، B ظرفیت زیست‌زایی و k ضریب بهره‌وری است. مقادیر B به شرح زیر است: 1 تا 3 آب دارای غذای کم برای ماهیان، 4 تا 6 آب با مقادیر متوسط غذا و 7 تا 10 آبی که غنی از غذا برای ماهیان هستند.

روش Binns و Eiserman

این روش رویکردی اساساً مشابه را برای توسعه شاخص کیفیت زیستگاه (HQI) برای پیش‌بینی تولید ماهیان قزل‌آلای موجود در رودخانه‌های Wyoming دنبال می‌کند. آنها دو مدل را با ا ستفاده از طیف و سیعی از پارامترها ا ستخراج کردند که به راحتی برآورد شدند. موفق‌ترین مدل آنها این عبارت بود:

$$\log_{10} Y + 1 = (-0.903) + (0.807) \log_{10} (X_1 + 1) + (0.877) \log_{10} (X_2 + 1) + (1.233)$$ رابطه (2)

$$\log_{10} (X_3 + 1) + (0.631) \log_{10} (F + 1) + (0.182) \log_{10} (S + 1) \; 1.12085$$

که در آن Y = محصول قزل‌آلای پیش‌بینی شده آمادهٔ برداشت در مزرعه. X2 = تغییرات سالانه رژیم جریان. X3 = حداکثر دمای جریان تابستان. F= شاخص غذا شامل (X10) (X9) (X4) X3 که X4 = نیتروژن یا ازت برحسب میلی‌گرم بر لیتر، X9 = بستر رودخانه، X10 = سرعت آب برحسب مترمکعب برثانیه. S = شاخص پناهگاه متشکل از (X11) (X8) X7 که در آن X7 = پوشش، X8 = فرسایش کرانه‌ها (سواحل) رودخانه‌ها و X11 = عرض جریان است (Binns and Eiserman, 1979). به دلیل دشواری زیاد در دستیابی به تخمین‌های قابل اعتماد از صید ماهیان و پتانسیل کارایی صیادی از شاخه‌های اصلی رودخانه‌های بزرگ، تعدادی از پژوهشگران به دنبال ایجاد همبستگی بین فون ماهیان و سایر موجوداتی هستند که نمونه‌برداری ساده‌تری دارند. به عنوان مثال، Russev (1973) و Holcik تلاش کردند بنتوس‌های رودخانه را به فون ماهیان در دانوب مرتبط سازند (Food and Agriculture Organization,1979). در جدول 1 مزایا و محدودیت‌های روش‌های متداول ارزیابی ذخایر ماهیان آورده شده است.

جدول 1: مزایا و محدودیت‌های روش‌های متداول ارزیابی ذخایر ماهیان.

روش	مزایا	محدودیت‌ها
مدل‌های تحلیلی	آنها می‌توانند جهت پیش‌بینی اثرات تلاش، تجهیزات صید، یا اندازه مش (روزنه تور)، تولید یا زیست‌توده استفاده شوند.	این مدل‌ها غنی از داده هستند، بنابراین در مواردی که در دسترس بودن داده مشکل است، پیاده‌سازی آنها دشوار خواهد بود.
مدل‌های تجربی	آنها ساده، سریع و مقرون به صرفه هستند زیرا از داده‌هایی استفاده می‌کنند که به راحتی در دسترس هستند.	وابستگی آنها به مطالعات قبلی که می‌تواند نتایج را تغییر دهد. آنها نمی‌توانند تلاش صیادی را برآورد نمایند.
مدل‌های تولید مازاد	آنها ساده هستند و آنها را به عنوان زیست‌توده همگن در نظر می‌گیرند. آنها به داده‌های ساده‌ای مانند داده‌های صید و تلاش صیادی نیاز دارند.	آنها پر این فرض استوارند که ذخایر با نرخ فعلی صیادی تثبیت شده‌اند. آنها پیچیدگی‌های سن و ساختار مکانی را نادیده می‌گیرند.
مدل‌های تفاوت تأخیر (Delay Difference)	آنها درست مانند مدل‌های تولید مازاد ساده هستند، اما مزیت بیشتری دارند که هم عامل بازیابی ذخایر و هم اثر تخمگذاری را یکپارچه و توصیف می‌کنند.	در جایی که داده‌ها کمیاب هستند، مدل‌های تفاوت تأخیر هیچ مزیتی بر مدل‌های تولید مازاد ندارند.
مدل‌های مبتنی بر طول و سن	آنها از سن و طول خاص در ساختار خود استفاده می‌کنند.	آنها به مشاهدات زیادی نیاز دارند و پارامترهای زیادی را شامل می‌شوند.

نتایج

ارزیابی ذخایر و تعیین میزان قابل برداشت گونه کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris caspia*) در حوضه جنوبی دریای خزر با هدف تعیین میزان ذخیره کیلکای معمولی و تنظیم الگوی برداشت پایدار از آن، در جنوب دریای خزر به مرحله اجرا درآمد. در طول دوره بررسی، 1533 نمونه بیومتری شدند و 913 ماهی با استفاده از اتولیت‌های ساجیتا تعیین سن شدند. نتایج نشان داد که میانگین طول کیلکای معمولی 102/4±9/7 میلی‌متر و دامنه آن در طیف 56 تا 144 میلی‌متر قرار داشت. میانگین سن کیلکای معمولی 3/6 سال بود که بیش از 73 درصد از آنها را ماهیان 3 و 4 ساله تشکیل داده بود. ضریب رشد با استفاده از طرح فورد – والفورد K=0/321 در سال و ضریب مرگ و میر کل برابر Z=1/280 در سال برآورد شد. با استفاده از روش آنالیز کوهورت، میزان ذخیره کیلکای معمولی در بخش جنوبی دریای خزر حدود 58/75 هزار تن برآورد شد.

بحث و نتیجه‌گیری

برای تعیین میزان حداکثر محصول قابل برداشت از معادله کادیما استفاده شد که در نهایت 25322 تن محاسبه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که کیلکای معمولی ذخیره نسبتاً کوچکی در حوضه جنوبی دریای خزر دارد (Parafkandeh Haghighi and Kaymaram, 2012).

در مطالعه‌ای که با هدف بررسی کیفی وضعیت ذخایر ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum* Kamensky, 1901) در دریای خزر طی سال‌های 1370 تا 1390 انجام شده بود، شاخص‌های ساختار ذخیره در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که ضریب چاقی و وزن نسبی ماهی سفید طی سال‌های 1370 تا 1390 روند کاهشی داشته است. دامنه طول چنگالی مطلوب این ماهی بین 40 و 48 سانتی‌متر محاسبه شد. در سال 71–1370 فراوانی ماهیان بالغ (با طول بیش از 40 سانتی‌متر)، فراوانی ماهیان با طول مطلوب و فراوانی مولدین بزرگ به ترتیب 62، 40/9 و 12/5 درصد بود. ولی در سال‌های بعد به شدت کاهش یافت و به ترتیب به کمتر از 50، 38/2 و 8 درصد رسید. بطور کلی با توجه به نتایج ارائه شده ذخایر ماهی سفید دارای شرایط مطلوبی نبود (Fazli *et al.*, 2012).

بررسی ارزیابی ذخایر ماهیان خاویاری در آب‌های ایرانی دریای خزر با روش مساحت جاروب شده طی سال‌های 1389–1388 با هدف تعیین ترکیب گونه‌ای، فراوانی نسبی، فراوانی مطلق و میزان توده زنده گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده، تاس‌ماهی ایرانی با سهمی بیش از 100–83 درصد، بالاترین درصد صید را نسبت به سایر گونه‌ها داشت. میانگین طول کل تاسماهی ایران در بهار و پاییز 1388 به ترتیب 28/7±9/61 و 27/9±5/40 سانتی‌متر و در بهار و تابستان 1389 به ترتیب 23/5±54/7 و 17/60±7/2 سانتی‌متر بود. فراوانی مطلق ماهیان خاویاری در بهار و پاییز 1388 معادل 1/31 و 3/46 میلیون عدد برآورد شد. نتایج این مطالعه نشان داد که سیاست‌های سازمان شیلات ایران در رهاسازی بچه ماهیان خاویاری نتوانسته است از شدت کاهش ذخایر آنها جلوگیری کند (Tavakoli *et al.*, 2013).

بررسی برخی فاکتورهای ساختار جمعیت سیاه ماهی خالدار (*Capoeta trutta*) در رودخانه گاماسیاب همدان صورت گرفت. در مجموع در طی یک سال نمونه‌برداری تعداد 224 عدد ماهی صید شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج به دست آمده نشان داد که در مجموع میانگین طول کل در دو ایستگاه 22/13±06/5 سانتی‌متر و وزن کل 44/34±08/30 گرم بود. نمونه‌های ماهی صید شده هر دو ایستگاه دارای 5 گروه سنی $^{+}0$ تا $^{+}4$ بودند که گروه سنی $^{+}1$ غالب بود. رابطه‌های لگاریتمی طول و وزن نمونه‌ها در ایستگاه‌های خرچنگ‌رود و چشمه ماهی به دست آمد و الگوی رشد ماهیان نیز در هر دو ایستگاه آلومتریک منفی بود. علاوه بر این، پارامترهای معادله رشد برتالانفی در ایستگاه‌های مورد نظر برآورد گردید (Alijanpor *et al.*, 2014).

در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی ذخیره و تولید ماهی تالاب شادگان در استان خوزستان انجام گرفته بود، هفت ایستگاه نمونه‌برداری فصلی از تالاب به عنوان ایستگاه‌های نمونه‌برداری انتخاب گردید. در مدت اجرای این مطالعه، بیش از دو هزار ماهی صید و جهت تعیین توده زنده از روش تخلیه‌ای استفاده گردید. در فصل بهار (249/61 کیلوگرم بر هکتار) و فصل زمستان (157/9کیلوگرم بر هکتار) بیشترین و کمترین میزان توده زنده ماهی در تالاب شادگان محاسبه گردید. ماهی کپور معمولی بیشترین و ماهی شمسک کمترین میزان توده زنده و ماهی

حمری بیشترین و ماهی شمسک کمترین میزان تولید ماهی را به خود اختصاص دادند. میانگین توده زنده ماهی197/70 (سال/هکتار/ کیلوگرم) و میانگین تولید ماهی در تالاب شادگان 130/41 (سال/هکتار/ کیلوگرم) بدست آمد (Hashemi *et al.*, 2013).

در قالب یک طرح پژوهشی ذخایر ماهیان استان کردستان- رودخانه قشلاق سنندج ارزیابی شد. در این مطالعه نمونه‌برداری در طی چهار سال انجام گرفت. یافته‌های بدست آمده بیانگر حضور 21 گونه ماهی در این حوضه بود که 10 گونه آن بومی منطقه و 11 گونه غیر بومی بودند. در این مطالعه ساختار سنی و طولی گونه‌های ماهی و چگونگی رشد و تولید مثل آنها مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با توجه به ضرایب بهره‌برداری و مرگ و میر این گونه‌ها در حوضه رودخانه قشلاق وضعیت ذخایر آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که سه گونه سیاه ماهی فلس ریز، سیاه ماهی خالدار و ماهی سفید رودخانه‌ای به شدت در منطقه مورد مطالعه تحت فشار قرار دارند (Bahrami Kamangar *et al.*, 2016).

در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی ذخایر ماهی قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*) در رودخانه طالقان براساس روش Binns و Eiserman انجام شد، از 40 ایستگاه در سرشاخه‌های رودخانه طالقان استفاده شد که تنها در سه سرشاخه گراب، ده در و گته‌ده قزل‌آلای خال قرمز حضور داشت، براساس نتایج، روش‌های نمونه‌برداری منطقه‌ای برای سه زیستگاه گراب، گته‌ده و ده‌در 98/3، 16/9 و 84/0 کیلوگرم در کیلومتر و روش Binns و Eiserman برای این سه زیستگاه به ترتیب 97/18، 89/32 و 39/12 کیلوگرم در هکتار را تخمین زده شد که بیانگر پراکنش محدود و وضعیت فراوانی اندک ذخایر ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه طالقان بود (Eagderi *et al.*, 2022).

Năstase و همکاران (2018) به منظور مدیریت مبتنی بر توسعه پایدار ماهیان به بررسی فون و بهره‌برداری طبیعی ماهیان در بخشی از دلتای تالاب دانوب پرداختند. در این مطالعه تیم تحقیقاتی، با استفاده از داده‌های حاصل از نمونه برداری‌های میدانی در طول فصول مختلف جهت محاسبه بهره‌برداری از ماهیان، فاکتورهای متعددی (کیفیت آب، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، بنتوز، میکروفیت و فون ماهیان) را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از روش Leger-Huet به عنوان پرکاربردترین روش محاسبه بهره‌برداری طبیعی ماهیان استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که 14 پارامتر زیستی و غیرزیستی در محاسبه ظرفیت برداشت ماهیان این رودخانه مؤثر بودند و در تمام فصول سال 25 گونه ماهی صید شدند که نسبت به 10 سال پیش یک گونه کمتر شده بود و به طور کلی پتانسیل بهره‌برداری از ماهیان متوسط بود. آنها پیشنهاد کردند که نمونه‌برداری ماهانه می‌تواند نتایج دقیق‌تری داشته باشد، اما در این مورد نیاز به حمایت مالی بیشتری است.

Dwirastina و همکاران (2021) پتانسیل تولید ماهیان را با روش Leger-Huet و با استفاده از رویکرد بیوماس کفزیان در دو رودخانه در استان سوماترای غربی در اندونزی ارزیابی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که تعیین ظرفیت تولید ماهیان با استفاده از رویکرد بیوماس کفزیان به شدت به عرض رودخانه بستگی دارد. بازدهی بیوماس کفزیان در رودخانه Ombilin (159 گرم بر مترمربع) در مقایسه با رودخانه Sumani (76 گرم بر متر مربع) بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که در رودخانه‌ای که تنوع بالاتری از بنتوزها را داشت (رودخانه Ombilin) پتانسیل تخمین زده شده برای تولید ماهیان نیز بیشتر از رودخانه دیگر (رودخانه Sumani) بود. از آنجا که بنتوس‌ها موجوداتی هستند که در کف محیط آبی زندگی می‌کنند و به عنوان منبع غذایی برای ماهی‌ها استفاده می‌شوند. بنابراین، اگر ارزش زیست توده بنتوزها زیاد و رودخانه عریض باشد، فرض می‌شود که پتانسیل تولید ماهی افزایش می‌یابد.

روش‌های ارزیابی ذخایر ماهیان از دسته‌بندی‌های ساده (مانند مدل‌های تولید مازاد) تا مدل‌های پیچیده ساختار سنی یا طولی و مدل‌های یکپارچه بسیار متنوع هستند. با پیشرفت فناوری‌های نوین، امروزه پژوهشگران در تلاش‌اند تا با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، دقت پیش‌بینی‌های ذخایر را افزایش دهند؛ از مدل‌های مبتنی بر داده و الگوهای غیرخطی برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت سیستم‌های پیچیده استفاده کنند؛ و در نهایت با تلفیق داده‌های اکولوژیکی، ژنتیکی و ریزماهواری، توان تحلیل دقیق‌تر ساختار جمعیتی و تعاملات گونه‌ای را افزایش دهند. انتخاب روش مناسب بسته به میزان داده‌های موجود، اهداف مدیریتی و شرایط محیطی متغیر است. همانگونه که فناوری‌های نوین (مانند eDNA، ابزارهای صوتی و مدل‌های یادگیری ماشین) گسترش می‌یابند، در هم آمیختن و یکپارچه‌سازی این ابزارها در کنار مدل‌های سنتی می‌تواند درک بهتری از دینامیک ذخایر ماهیان را به مدیران شیلات ارائه دهد و به مدیریت پایدار این منابع کمک نماید. در واقع این رویکرد چندجانبه در ارزیابی ذخایر نه تنها به تدوین سهمیه‌های بهینه صید و تنظیم محدودیت‌های برداشت کمک می‌کند، بلکه امکان پیش‌بینی‌های دقیق‌تر در شرایط تغییرات محیطی و اقتصادی را فراهم می‌آورد.

منابع

Alijanpor, E., Vatandust, S., Jelodar, M. N. and Arabi, M. H. G., 2014 Review of population structure factors of *Capoeta trutta* in Gamasyab River at the Hamedan province. Journal of Animal Environment, 6(2): 113-124. (In Farsi).

Bahrami Kamangar, B., Ghaderi, E. and Hoseinpour, H., 2016. Fish Stock Assessment Study in Kurdistan Province - Qeshlaq River, Sanandaj. Research plan. (In Farsi).

Baset, A., Liu, Q., Hanif, M. T., Liao, B., Memon, A. M. and Mohsin, M., 2017. Estimation of maximum sustainable yield using production modeling: A stock appraisal of Indian Oil Sardine (*Sardinella longiceps*) from Pakistani Waters. Pakistan Journal of Zoology, 49(2): 521-528.

Bhat, A. H., 2019. Stock assessment in river system: Brief outline and bibliography: Literature review. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 7(4): 435-441.

Binns, N. A. and Eiserman, F. M., 1979. Quantification of fluvial trout habitat in Wyoming. Transactions of the American Fisheries Society, 108(3): 215-228.

Borna, M., Savari, A. and Archangi, B., 2019. The importance and application of common models for assessing aquatic stocks with emphasis on commercial shrimp species in the Persian Gulf. 4th National Shrimp Conference. Volume IV. February 20-21, 2019. University of Hormozgan, Hormozgan, Iran. Shrimp Research Institute & Institute Research Science Fisheries Iranian, Bushehr, Iran. (In Farsi).

Brief, G. P., 2020. Determining the Status of Fish Stocks in Data-Poor Environments and Multispecies Fisheries.

Chamera, F., Kamndaya, M., Kadaleka, S., Phepa, P. and Mwamtobe, P. M., 2025. Fish Stock Assessment Models with Emphasis on the use of the Classic Gordon Schaefer Model: A Review.[in press].

Chargui, T., Ennouri, R., Rjeibi, M., Fatnassi, M., Laouar, H., Romdhane, N. and Mili, S., 2025. What can fisheries managers learn from spatiotemporal assessment of freshwater fish populations in three Tunisian reservoirs: Lahjar, Kasseb and Siliana?. International Journal of Limnology, 61: 5.

Chrysafi, A. and Kuparinen, A., 2016. Assessing abundance of populations with limited data: Lessons learned from data-poor fisheries stock assessment. Environmental Reviews, 24(1): 25-38.

Cope, J. M., 2013. Implementing a statistical catch-at-age model (Stock Synthesis) as a tool for deriving overfishing limits in data-limited situations. Fisheries Research, 142: 3-14.

Dwirastina, M. and Ditya, Y. C., 2021. Estimation of fish production potential with benthos biomass approach in Sumani and Ombilin River of Singkarak Lake West Sumatra. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, (Vol. 919, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

Eagderi, S., Nematallahi, M. A., Radkhah, A. and Mahmoudi, M., 2022. Stock assessment of *Salmo trutta* Linnaeus, 1758 in tributaries of the Taleghan River, Southern Caspian Basin. Aquaculture Sciences, 9(2): 149-157. (In Farsi).

Fazli, H., Daryanabard, G. R., Pourgholam, R., Abdolmalaki, S., Bandani, A., Pourgholami, A. and Safavi, S. A., 2012. Qualitative assessment of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum* Kamensky 1901) stocks in Iranian waters of the Caspian Sea (1991-2011). Iranian Scientific Fisheries Journal, 21(2): 53-64. (In Farsi).

Fitzgerald, C. J., Delanty, K. and Shephard, S., 2018. Inland fish stock assessment: Applying data-poor methods from marine systems. Fisheries Management and Ecology, 25(4): 240-252.

Food and Agriculture Organization, 1979. assessment of fisheries and fish stocks in rivers:. from https://www.fao.org/4/x6841e/X6841E04.HTM

Hashemi, S. A. R. and Eskandary, G. R., 2013. Stock assessment and fish production in the Shadegan wetland in Khuzestan provinces. 26(2): 218-227. (In Farsi).

Juntunen, T., Vanhatalo, J., Peltonen, H. and Mäntyniemi, S., 2012. Bayesian spatial multispecies modelling to assess pelagic fish stocks from acoustic-and trawl-survey data. ICES Journal of Marine Science, 69(1): 95-104.

Khandan Barani, H., 2024. Investigating common methods to identify fish stocks in marine environments. 1th International Conference on Blue Economy.Volume I. February 7-8, 2024. University of Hormozgan, Hormozgan, Iran. (In Farsi).

Lorenzen, K., Cowx, I. G., Entsua-Mensah, R. E. M., Lester, N. P., Koehn, J. D., Randall, R. G. and Cooke, S. J., 2016. Stock assessment in inland fisheries: a foundation for sustainable use and conservation. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 26: 405-440.

Mahmood, M. A. R., 2022. Assessment of two cichlids stocks with virtual population analysis in Garmat Ali River, Basrah, Iraq. World Journal of Advanced Research and Reviews, 13(2):163-172.

Maunder, M. N. and Punt, A. E., 2013. A review of integrated analysis in fisheries stock assessment. Fisheries research, 142: 61-74.

Methot, R. D., 2009. Stock assessment: operational models in support of fisheries management. The future of fisheries science in North America, pp. 137-165.

Năstase, A., Țiganov, G., Cernișencu, I., Despina, C., Burada, A. and Tudor, M., 2018. Study of fish fauna and natural fish productivity in Holbina ecological reconstruction area, part of wetland Danube delta. 4th International Conference Water resources and wetlands, 5-9 September 2018 at: Tulcea, Romania

NOAA Fisheries: the National Oceanic and Atmospheric Administration, 2025. Stock Assessment Model Descriptions, from https://www.fisheries.noaa.gov/insight/stock-assessment-model-descriptions.

Parafkandeh Haghighi, F. and Kaymaram, F., 2012. Stock Assessment and the Maximum Sustainable Yield Estimation of Common Kilka *Clupeonella Cultriventris Caspia* (Svetovidov, 1941) in the South Caspian Basin. Journal of Marine Science and Technology, 11(3): 16-24. (In Farsi).

Pons, M., Cope, J. M. and Kell, L. T., 2020. Comparing performance of catch-based and length-based stock assessment methods in data-limited fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 77(6): 1026-1037.

Punt, A. E., Tuck, G. N., Day, J., Canales, C. M., Cope, J. M., de Moor, C. L. and Wilberg, M. J., 2020. When are model-based stock assessments rejected for use in management and what happens then?. Fisheries Research, 224: 105465.

Punt, A. E., 2019. Spatial stock assessment methods: a viewpoint on current issues and assumptions. Fisheries Research, 213: 132-143.

Tavakoli, M., Parafkandeh Haghighi, F. and Behrooz Khoshgalb, M. R., 2013. Sturgeon Stock Assessment in the Iranian Waters of the Caspian Sea Using Swept area Method (2009-2010). Journal of Fisheries, 66(3): 271-282. (In Farsi).

A review of methods for assessing fish stocks in natural ecosystems

Nasrin Moradi[1], Hamed Shabanloo[2]*, Soheil Eagderi[3]

1,2. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
*Corresponding author: shabanloo.hamed@ut.ac.ir

Abstract
The term "stock" refers to a group of individuals of the same species that coexist in a given place and time, have similar growth and mortality rates, and show independent responses to harvest. Fishery stock assessment is essential for sustainable fisheries management and can improve the fishing decision-making process by improving management plans. Types of stock assessment methods include: 1) Limited data-based methods (e.g.CPUE). 2) Biomass dynamics (surplus production) models. Such as the Schaefer model. 3) Age-structured models such as virtual population analysis (VPA) and statistical catch-at-age models. 4) Integrated and structured longitudinal models. 5) Bayesian and spatial mode methods. The choice of model is also based on data availability, species life history characteristics, and management questions. Data sources for fish stock assessments are also based on two main types of data: 1) catch-dependent data, such as data on catch weight and sometimes size distribution, and 2) catch-independent data, such as environmental DNA (eDNA). Based on the reviews, changes in three aspects of the process are needed to move the stock assessment process towards an operational and useful state. First, key data streams themselves need to be made more operational and useful so that relevant data are reliable and readily available. Second, stock assessment models need to be better able to incorporate diverse relevant data and comprehensively account for levels of uncertainty. Third, increasing the throughput of stock assessment updates requires streamlining the extensive review process currently required to ensure that stock assessment results can be used as a scientific basis for fisheries management.
Keywords: Stock assessment, sustainable fishing, length-based fishing, weight-based fishing, virtual population analysis.