

"مقاله پژوهشی"

بررسی اقتصادی تولید قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بزرگ پیکر (< ۱/۵ کیلوگرم) در قفس های شناور منطقه جنوب دریای خزر

سید محمد وحید فارابی^{۱*}، مریم قیاسی^۱

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

چکیده

توسعه آبرزی پروری با افزایش جمعیت و به منظور تأمین امنیت غذایی اجتناب ناپذیر است. از طرفی به دلیل محدودیت آب شیرین، توسعه آبرزی پروری در دریا گسترش می یابد. در دهه اخیر پرورش قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس های دریای خزر با هدف تشکیل زنجیره تولید با مزارع استخری به منظور تولید ماهیان بزرگ پیکر برای صادرات انجام شد. هدف از این تحقیق بررسی اقتصادی تولید قزل آلاهی رنگین کمان بزرگ پیکر (< ۱/۵ کیلوگرم) در قفس دریایی به روش تجزیه و تحلیل هزینه-فایده (CBA: Cost-Benefit Analysis) بود. این تحقیق در ۴ مزرعه دریایی در جنوب دریای خزر انجام شد. ماهیان با وزن اولیه ۵۰۰ گرم به قفس شناور (حجم ۲۵۰۰ متر مکعب) معرفی شدند و در ۹۰ روز دوره پرورش به وزن 1517 ± 71 گرم تا 1799 ± 178 گرم رسیدند. کلیه هزینه های تولید (هزینه های متغیر و ثابت) و سود حاصل از فروش ماهی محاسبه شد. به منظور ارزیابی اقتصادی، هر مزرعه دریایی با چهار قفس شناور و میزان تولید ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ تن ماهی برای هر قفس در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که حداقل حاشیه سود منطقی برای یک مزرعه با تولید ۸۰ و ۱۲۰ تن ماهی و احتساب وام با بهره بانکی ۲۳ درصد و دوره استهلاك تجهیزات ۱۰ ساله، به ترتیب دارای ۳۰ و ۷۰ درصد سود خالص است. از طرفی پرورش قزل آلاهی رنگین کمان در قفس های شناور با حجم ۲۵۰۰ متر مکعب و تولید کمتر از ۲۰ تن (کمتر از ۸ کیلوگرم در متر مکعب) برای هر قفس در مزارع دریایی منطقه جنوب دریای خزر توصیه نمی گردد.

کلمات کلیدی: پرورش ماهی در قفس، دریای خزر، قزل آلاهی رنگین کمان، بزرگ پیکر، اقتصاد

مقدمه

از سال ۲۰۰۰ میلادی آبی‌پروری در جهان به شدت به منظور تأمین غذای بشر مورد توجه قرار گرفت. آبی‌پروری به ویژه در آسیا، بیشترین سهم را در حجم تولید جهانی و امنیت غذایی داشته است (Naylor *et al.*, 2021). در سطح جهانی، تولید ماهی به عنوان غذا برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده انسان بسیار مهم شده است. در سال ۲۰۲۰، ۸۹ درصد از تولید ماهی برای مصرف مستقیم انسان (۱۷ درصد از کل پروتئین مصرفی) استفاده شد. انتظار می‌رود در سال ۲۰۳۰، کل تولید ماهی به ۲۰۲ میلیون تن و تولید آبی‌پروری به ۱۰۶ میلیون تن برسد (Agaro *et al.*, 2022; FAO, 2022). افزایش روزافزون جمعیت انسانی به همراه نیاز غذایی با توجه به محدودیت آب‌های شیرین در جهان سبب شد که توجه بشر برای تأمین پروتئین مورد نیاز به منابع آبی دریاها و اقیانوس‌ها معطوف گردد (Tidwell and Allan, 2001; Pillay and Kutty, 2005).

پرورش ماهی در آب‌های شیرین داخلی کشور نیز دارای محدودیت است، چرا که ایران با متوسط بارندگی حدود ۲۴۰ میلی‌متر (متوسط جهانی ۸۵۰ میلی‌متر) و میانگین تبخیر سالانه برابر با ۲۱۰۰ میلی‌متر (متوسط جهانی ۷۰۰ میلی‌متر) از کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌گردد (شهرستانی، ۱۳۹۳). در دوره ۳۰ ساله ۱۹۹۱-۲۰۲۰ روند تغییرات بارش در اکثر نقاط ایران کاهشی و شیب افزایش دما صعودی بوده است، اما نسبت به ۳۰ سال قبل از آن (۱۹۹۰-۱۹۶۱) از نظر آماری معنادار نبوده است (میان‌آبادی و داوری، ۱۴۰۲). بدین ترتیب آینده توسعه آبی‌پروری در کشور ایران وابسته به دریا و استفاده از آب شور است و در این مسیر راه‌های مختلفی از جمله پرورش

ماهی در قفس‌های دریائی وجود دارد. پرورش ماهی در قفس در جهان به عنوان یک روش جدید آبی‌پروری و سریع‌ترین مسیر در پاسخ به امنیت غذایی جهانی است که در نیم قرن اخیر توسعه یافته است (Pillay and Kutty, 2005).

قزل‌آلای رنگین‌کمان از جمله ۱۵ گونه ماهی عمده آبی‌پروری است که تولید جهانی آن در پنج سال اخیر روند افزایشی داشته است و در سال ۲۰۲۰ میلادی میزان تولید آن در آب‌های داخلی به ۷۳۹/۵ هزارتن و در آبی‌پروری ساحلی و دریایی آن به ۲۲۰/۱ هزارتن رسیده است. به طوری که سهم تولید آن در آبی‌پروری دریایی نسبت به آب‌های شیرین داخلی در برابر گونه‌های غالب آبی‌پروری ۲/۶ به ۱/۵ درصد بوده است (FAO, 2022). سه کشور برتر نروژ، شیلی و ترکیه به عنوان بزرگترین تولیدکنندگان قزل‌آلای رنگین‌کمان در جهان محسوب می‌گردند (Agaro *et al.*, 2022). کشور نروژ یکی از کشورهای پیشرو در صنعت آبی‌پروری و بخصوص پرورش ماهی در قفس‌های دریایی است. عمده تولید آن را ماهیان سردآبی و به ویژه ماهی آزاد اقیانوس اطلس است. همچنین قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز از تولیدات مهم این کشور محسوب می‌گردد. تولیدات ماهی در قفس دریایی در ۹۰۰۰۰ کیلومتر مربع در دریا در این کشور به عنوان یک صنعت عمده صادراتی و رو به رشد محسوب می‌شود (Andreassen and Martinussen, 2020). در ایتالیا، قزل‌آلای رنگین‌کمان بیشترین گونه‌ای است که در بین ماهیان پرورشی، تولید می‌شود. تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان تقریباً ۲۵/۵ درصد از ارزش کل و ۶۹/۹ درصد از حجم ماهیان پرورشی آن را تشکیل می‌دهد. طی ده سال گذشته، تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان در مجموع ۸/۵ درصد

تولید آبی‌پروری در کشور ایران در سال ۱۴۰۱ به میزان ۶۰۱ هزار تن رسید که از این مقدار، قزل‌آلای رنگین کمان ۲۰۸۸۰۰ تن از تولید را شامل بود. این تولید عمدتاً در آب شیرین و در ۷۳۳۴ مزرعه به مساحت ۷۲۹ هکتار انجام گرفت (سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۲). در دهه اخیر تولید آن در قفس‌های شناور در دریای خزر نیز انجام می‌گیرد و میزان تولید آن کمتر از ۲۰۰۰ تن در سال بوده است (فارابی و همکاران، ۱۳۹۹).

اندازه قزل‌آلای رنگین کمان در زمان برداشت محصول پرورشی در سطح جهانی بسته به تقاضای مشتری متفاوت است. قزل‌آلای رنگین کمان در ایالات متحده ۶۰۰-۴۵۰ گرم، در اروپا ۲-۱ کیلوگرم؛ در کانادا، شیلی، نروژ، سوئد و فنلاند ۳-۵ کیلوگرم از قفس‌های دریایی برداشت می‌شود (FAO, 2023). در سال‌های گذشته (قبل از ۱۳۹۸) اندازه قزل‌آلای رنگین-کمان در زمان عرضه به بازار عموماً ۲۵۰ تا ۶۰۰ گرم و بعضاً تا ۹۰۰ و یک کیلوگرم می‌رسید، اما در سال‌های اخیر در ایران تقاضا برای قزل‌آلای بزرگ پیکر (بیش از ۱۵۰۰ گرم) افزایش یافته است. البته این اندازه برای صادرات به کشور روسیه نیز مناسب است (فارابی و همکاران، ۱۳۹۶).

پرورش قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های شناور یک فعالیت مهم در صنعت آبی‌پروری است که به دلیل مزایای اقتصادی، در سال‌های اخیر به‌عنوان یک روش پرورش نوین و پرسود در مناطق ساحلی جنوب دریای خزر مورد توجه قرار گرفته است. این روش پرورش، علاوه بر افزایش تولید ماهی در ادامه زنجیره تولید در مزارع استخری، به حفظ منابع آب شیرین در پرورش سنتی ماهیان نیز کمک می‌کند. مطالعاتی در

افزایش یافته است که میانگین نرخ رشد سالانه آن ۲/۵ درصد بوده است. در سال ۲۰۲۰، اتحادیه اروپا دومین تولیدکننده بزرگ قزل‌آلای رنگین کمان در جهان بود (۱۸۳۰۰۰ تن یا ۲۰ درصد از تولید جهانی). تولیدکنندگان اصلی آن در اروپا: ایتالیا (۱۹٪)، دانمارک (۱۷٪) و فرانسه (۱۴٪) هستند (Agaro et al., 2022). پرورش ماهی در ترکیه تقریباً یک صنعت نوپا است و در اوایل دهه ۱۹۷۰ با ماهی قزل‌آلای رنگین کمان آغاز شد. پرورش ماهی در ترکیه یا شرق مدیترانه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ چهار برابر شده است. سه چهارم تولید ماهی آن به اتحادیه اروپا صادر می‌شود. طرح پرورش ماهی آزاد اقیانوس اطلس در دریای سیاه شکست خورد، اما پرورش قزل‌آلای رنگین کمان همچنان ادامه دارد (Fard, 2019). در سال ۲۰۲۰، آبی‌پروری ترکیه ۴۲۰۰۰۰ تن ماهی تولید کرد که به معنای رشد ۱۳/۵۱ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۹ (۳۷۰۰۰۰ تن) بود. گونه‌های اصلی تولید شده در ترکیه: قزل-آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، ماهی باس (*Dicentrarchus labrax*) و ماهی سیریم (*Sparus aurata*) هستند که ۹۵ درصد تولیدات آبی‌پروری ترکیه را به خود اختصاص می‌دهند. در سال ۲۰۲۱، صادرات ترکیه ۱۲ درصد افزایش یافته است، به طوری که از ۱۹۸۰۰۰ تن صادرات در سال ۲۰۲۰ به ۲۴۰۰۰۰ تن در سال ۲۰۲۱ رسیده است و هم‌اکنون به عنوان نهمین تولیدکننده ماهی در دنیا محسوب می‌گردد. در ترکیه در سال ۲۰۲۱ میزان تولید ماهیان پرورشی دریایی، دو برابر تولید ماهیان پرورشی آب شیرین نسبت به دهه گذشته بود. در صورتی که ۴۳۰ شرکت در دریا و ۱۷۰۰ شرکت در آب‌های داخلی فعالیت دارند (Maguregui, 2022).

گذاری اقتصادی تولید، انجام می‌گیرد و ممکن است بدون محاسبات دقیق سبب ضرر و زیان شود (فارابی و همکاران، ۱۳۹۹). یکی از روش‌ها برای تصمیمات مالی غیر حساس، روش تجزیه و تحلیل هزینه-فایده است. اگرچه گاهی ابزار خوبی است اما معایبی هم دارد، به-ویژه وقتی که درآمدها از دوره‌ای به دوره‌ی دیگر متفاوت هستند. روش تحلیل هزینه - فایده برای تصمیم‌گیری‌های سریع و آسان مالی بسیار عالی است. رویکردهای گسترده‌تر معمولاً برای تصمیمات پیچیده‌تر و بحرانی‌تر و پرهزینه‌تر استفاده می‌شوند (Odek and Oluoch, 2023). به نظر Jiang و Rainer (۲۰۲۱)، تحلیل هزینه- فایده یا CBA ابزاری است از زمان آغاز به کار به طور گسترده توسط افراد، سازمان‌ها و حتی بخش دولتی مورد استفاده قرار گرفت. این روش تا سال ۲۰۲۰ در ۵۴۴۴۵ نشریه پژوهشی مورد استفاده قرار گرفت و توسط ۱۹۷ کشور از جمله ایالات متحده، انگلستان، چین، کانادا، استرالیا، آلمان، ایتالیا، هلند و فرانسه پیاده‌سازی شده است (Jiang and Rainer, 2021). در یک نمونه بررسی در ایالت کراالا در سواحل جنوب غربی هند قابلیت اقتصادی پرورش ماهی در قفس بر اساس داده‌های اولیه جمع‌آوری شده از ۶۰ واحد مزرعه، تجزیه و تحلیل شد. متوسط اندازه یک واحد مزرعه ۱۱۵ متر مکعب با تراکم ۳۲ ماهی در متر مکعب بود. درآمد ناخالص و متوسط هزینه به ترتیب ۸۵۸۴ و ۴۳۳۱ روپیه به‌ازای هر متر مکعب از سطح مزرعه بود. نسبت سود به هزینه و نسبت‌های عملیاتی به ترتیب ۲/۰۲ و ۰/۴۲ بود که نشان دهنده آبی‌پروری در قفس به‌عنوان یک فناوری کشاورزی مقرون به‌صرفه است. تجزیه و تحلیل کارایی استفاده از منابع نشان داد که تراکم ذخایر و مقدار خوراک مصرفی تأثیر مثبت و

خصوص توسعه آبی‌پروری قزل‌آلای رنگی کمان در منطقه جنوب دریای خزر در خصوص بررسی اکولوژی و ارزیابی‌های زیست محیطی، انتخاب مکان، نوع قفس، خوراک و بیوتکنیک پرورش انجام شده‌است (صیاد بورانی و همکاران، ۱۴۰۱؛ فارابی، ۱۴۰۰؛ کریمیان و همکاران، ۱۳۹۸؛ داد و همکاران، ۱۳۹۶؛ دریانبرد و همکاران، ۱۳۹۶؛ فارابی و همکاران، ۱۳۹۶؛ صیاد بورانی و همکاران، ۱۳۹۱).

فعالیت پرورش ماهی در قفس دریایی از زمره فعالیت‌های پر ریسک، ولی اقتصادی به شمار می‌رود. زیرا برای انجام چنین فعالیتی نیاز به زیرساخت‌های لازم از جمله: زمین پشتیبان، اسکله، بارج، سوله‌های نگهداری خوراک و انواع و اقسام فعالیت‌های مرتبط تحت شرکت‌های زنجیره‌ای یا مدیریت کلان منطقه‌ای است. قبل از شروع چنین فعالیتی لازم است که ارزیابی اقتصادی از این فرآیند به عمل آید. متأسفانه در منطقه جنوب دریای خزر، تاکنون ارزیابی اقتصادی در خصوص پرورش ماهی در محیط محصور قفس دریایی صورت نگرفت و یا بسیار محدود بوده است. لذا تعداد زیادی از افراد و یا شرکت‌هایی که به این امر مبادرت کردند، در طول اجرای طرح تولید دچار مشکلات عدیده‌ای شدند و بعضاً فعالیت آن‌ها متوقف گشته‌است (فارابی و همکاران، ۱۳۹۹). مقدار تولید این ماهی در قفس شناوردریای خزر تا ۱۵ کیلوگرم در متر مکعب به ثبت رسیده است (فارابی و سلیمانی رودپشتی، ۱۳۹۹)، اما بعضاً مشاهده می‌شود که میزان تولید ماهی در قفس‌های دریایی در منطقه جنوب دریای خزر به واسطه میزان توانایی مالی مدیریت مزرعه از ۳ تا ۳۰ تن بازای هر قفس با قطر ۲۰ متر و عمق تور ۸ متر (۲۵۰۰ متر مکعب) متغیر است. این فرآیند تولید بدون ارزش-

تنها یک قفس فعال برای تولید قزل‌آلای بزرگ‌پیکر (بیش از ۱/۵ کیلوگرم) وجود داشت. میزان ذخیره سازی اولیه ماهیان در قفس‌های شناور به دلیل عدم توانای مالی سرمایه‌گذاران، ۱/۶ تا ۴ کیلوگرم در متر مکعب متغیر بود. قفس‌های مورد استفاده از نوع پلی اتیلن شناور با قطر ۲۰ متر و ارتفاع تور ۸ متر بود. وزن اولیه ماهی، زمان و تعداد ماهیان معرفی شده به قفس و محل استقرار آن در مزارع دریایی به شرح جدول ۱ و شکل ۱ آمده است.

در هر چهار مزرعه ماهیان پیش‌پروراری معرفی شده به قفس‌های دریایی از نژاد اسپانیایی استفاده شد. دوره پرورش در این تحقیق از زمان معرفی ماهی تا زمان برداشت نهایی در هر مزرعه دریایی ۹۰ روز و در ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین و اوایل اردیبهشت بوده است. نمونه برداری از ماهی برای سنجش زیستی و بازدهی خوراک به دلیل محدودیت زمانی دوره پرورش در ابتدا، میان دوره و پایان دوره پرورش انجام شد. میزان غذادهی با استفاده از جداول استاندارد دما و وزن ماهی پس از سنجش در دوره‌های ۳۰ روزه انجام شد (NRC, 2011). در چهار مزرعه دریایی خوراک تجاری مورد استفاده از نوع پلت اکسترود شناور و پروراری با اندازه ۹ تا ۱۰ میلی‌متر (Hardy, 2002) و از برندهای: سبلان (مزرعه ۱)، پرومیوا (مزرعه ۲)، فرادانه (مزرعه ۳) و لاجور (مزرعه ۴) در تغذیه قزل‌آلای رنگین کمان استفاده شد.

معناداری بر تولید ماهی داشته و با افزایش استفاده از این نهاده‌ها می‌توان کارایی اقتصادی را بهبود بخشید (Aswathy and Imelda, 2019). البته روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده در سیستم پرورش ماهی در قفس برای ابعاد مختلف آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه‌ای که در کشور تایوان انجام شد، به دلیل اثرات نامطلوب و متقابل آبی‌پروری ساحلی و امکان انتقال قفس به مناطق دور از ساحل و بالا بودن هزینه‌های تولید، از روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده برای مقایسه پرورش ماهی در قفس‌های شناور ساحلی و قفس‌های غرقابی استفاده شد و در نهایت پیشنهاد شد که تولیدکنندگان در ۸ واحد قفس دور از ساحل به منظور کسب سود مناسب سرمایه‌گذاری نمایند (Lan et al., 2022).

لذا با توجه به فرآیند رو به توسعه پرورش قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌شناور در منطقه جنوب دریای خزر، ارزش‌یابی اقتصادی تولید آن به منظور سرمایه‌گذاری ضروری است. لذا در این تحقیق با استفاده از روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده مورد سنجش قرار گرفت.

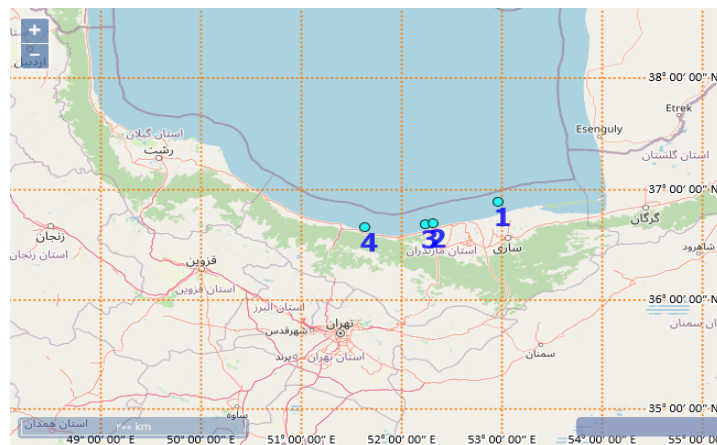
مواد و روش‌ها

محل انجام تحقیق در چهار مزرعه دریایی در منطقه جنوب دریای خزر واقع در استان مازندران و در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ بود. این چهار مزرعه دریایی در منطقه لاریم (۱ قفس)، محمود آباد (۲ قفس در دو مزرعه) و نوشهر (یک قفس) واقع بودند. در هر مزرعه دریایی

جدول ۱: محل استقرار مزارع دریایی و اطلاعات معرفی قزل‌آلای رنگین‌کمان به قفس‌های شناور در منطقه جنوب دریای خزر (استان مازندران،

۱۴۰۱-۱۴۰۲)

تاریخ معرفی	تعداد ماهی	وزن اولیه	منطقه و محل استقرار UTM ²		مزرعه دریایی
			X	Y	
۱۴۰۱/۱۱/۱۱	۱۸۰۰۰	۵۰۰ کیلوگرم	X=۶۷۴۶۴۰	Y=۴۰۸۴۵۰۰	شرکت اقلیم سبز شمال
۱۴۰۱/۱۰/۲۴	۱۰۰۰۰		X=۶۱۷۳۵۸	Y=۴۰۶۲۲۶۴	محمود آباد
۱۴۰۱/۱۰/۱۲	۷۰۰۰		X=۶۱۰۰۵۸	Y=۴۰۶۱۲۱۲	محمود آباد
۱۴۰۱/۱۰/۲۸	۱۰۰۰۰		X=۵۵۵۹۹۸	Y=۴۰۵۷۶۷۸	نوشهر



شکل ۱: موقعیت مکانی مزارع دریایی پرورش ماهی در منطقه جنوبی دریای خزر (۱: منطقه لاریم مزرعه دریایی شرکت اقلیم سبز شمال، ۲: منطقه محمود آباد مزرعه دریایی قربان حیدری، ۳: منطقه محمود آباد مزرعه دریایی سهیل تورانداز کناری، ۴: منطقه نوشهر مزرعه دریایی جعفر صادق)

دریای خزر، ابتدا هزینه‌ها و فواید مالی و غیرمالی مرتبط با این فعالیت شناسایی شد. در ادامه، این هزینه‌ها و فواید به صورت کمی محاسبه و سپس با یکدیگر مقایسه گردید.

۱- هزینه‌ها

- هزینه تأسیس قفس‌های شناور: برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های شناور با قطر ۲۰ متر و ارتفاع تور ۸ متر (حجم ۲۵۰۰ متر مکعب)، نیاز به تأسیس و نصب قفس‌های شناور در آب دارد. این هزینه شامل خرید و نصب تجهیزات و لوازمات سازه و تور قفس، سیستم تغذیه و تهویه و ساماندهی منطقه پرورش و سایر امکانات مرتبط است.

- هزینه خرید ماهی: برای شروع فعالیت پرورش و به‌منظور تولید قزل‌آلای رنگین کمان بزرگ‌پیکر، ماهیان پیش‌پروری ۵۰۰ گرمی خریداری شد. این هزینه شامل قیمت ماهی و هزینه حمل و نقل آن به منطقه پرورش و قفس‌های مستقر در دریا است.

- هزینه تغذیه و مراقبت: برای رشد و توسعه ماهیان، نیاز به تغذیه مناسب و مراقبت دارد. این هزینه شامل خرید و تأمین خوراک، هزینه داروها و یا مکمل‌های لازم، هزینه نیروی انسانی برای مراقبت و سایر هزینه‌های مرتبط است.

- هزینه نگهداری قفس‌ها: قفس‌های شناور برای حفظ سلامت ماهیان و جلوگیری از خرابی و آسیب دیدگی نیاز به نگهداری و تعمیرات دوره‌ای دارند. این هزینه شامل هزینه تعمیرات، تعویض قطعات و سایر هزینه‌های مرتبط است. لذا این هزینه به صورت درج در هزینه استهلاک محاسبه شد.

در طول دوره پرورش تلفاتی رخ نداد و شرایط فیزیکی و شیمیایی آب در محدوده مجاز پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بود. افزایش وزن (WG^3)، ضریب چاقی (CF^4) و ضریب تبدیل غذایی (FCR^5) به شرح رابطه‌های زیر بدست آمد:

افزایش وزن (گرم): $WG = W_f - W_i$ (Tacon, 1990)

ضریب چاقی: $CF = (W_f / L^3) \times 100$ (Tacon, 1990)

ضریب تبدیل غذایی: $FCR = FI / WG$ (Abdel-Tawwab et al., 2008)

W_i : وزن اولیه (گرم)، W_f : وزن نهائی (گرم)
 WG : افزایش وزن (گرم)، FI : خوراک داده شده (گرم)

روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده

روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده (Cost-Benefit Analysis) یک روش کمی است که برای ارزیابی پروژه‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها به کار می‌رود. در این روش، هزینه‌ها و فواید مالی و غیرمالی یک پروژه به صورت کمی محاسبه شد و سپس با یکدیگر به شرح زیر مقایسه گردید. در این روش در صورتی که فواید بالاتر از هزینه‌ها باشند، پروژه قابل قبول است.

ارزیابی اقتصادی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های شناور

برای ارزیابی اقتصادی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های شناور در منطقه جنوب

WG : Weight Gain³

CF : Condition Factor⁴

FCR : Feed Conversion Ratio⁵

پس از معنی دار بودن، تحت آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد بدست آمد.

تجزیه و تحلیل هزینه فایده (Cost Benefit Analysis: CBA) تولید ماهی بزرگ پیکر (بیش از ۱۵۰۰ گرم) در چهار مرزعه با تکمیل فرم های مربوطه و تعیین میانگین هزینه های تولید ماهی و ارزش گذاری مالی و همچنین تعیین فواید فروش ماهی و ارزش-گذاری مالی مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت. سپس مقایسه هزینه ها و فواید تولید ماهی انجام شد. بدین ترتیب در این بررسی شاخص های اقتصادی: نسبت سود به هزینه (BCR^6)، سودآوری (P^7)، ارزش فعلی خالص (NPV^8)، نرخ بازده داخلی (IRR^9) و سال های بازافت هزینه برای ارزیابی انتخاب شدند. برای محاسبات استهلاک، یک دوره ۱۰ ساله سرمایه گذاری برای ارزیابی شبیه سازی شده سرمایه گذاری در پرورش ماهی در قفس شناور تعیین شد (Ahmad and Zhang, 2021; Jiang et al., 2022). هزینه عملیاتی ($OPEX^{10}$) و هزینه استهلاک (DC^{11}) در تجزیه و تحلیل هزینه - فایده استفاده شد. هزینه های عملیاتی را می توان به هزینه های مورد نیاز در فرآیند پرورش ماهی در قفس، مانند هزینه های انرژی، پرسنل و خوراک و خرید ماهی اشاره کرد. سرمایه گذاری اولیه در ساخت و ساز اماکن پشتیبان و خرید تجهیزات در این تحقیق حذف و نرخ استهلاک تجهیزات مورد استفاده قرار گرفت. نسبت هزینه به فایده و سودآوری بر اساس

۲- فواید

- درآمد حاصل از فروش ماهی: با رشد ماهیان، می توان آن ها را به بازار عرضه کرده و درآمد حاصل از فروش ماهیان را به دست آورد. امکان پرورش ماهی تا ۱۵ کیلوگرم در متر مکعب وجود دارد (فارابی و سلیمانی رودپشتی، ۱۳۹۶).

موارد زیر از فواید پرورش ماهی در قفس های دریایی است که برای مدیریت کشور مفید بوده، اما فواید ریالی آن ارزش گذاری نشد و در این تحقیق لحاظ نگردید:

- اشتغالزایی: فعالیت پرورش قزل آلائی رنگین کمان در قفس های شناور، اشتغال زیادی را برای جوانان و افراد محلی فراهم می کند.

- حفظ منابع آب شیرین: پرورش ماهی در قفس های شناور دریایی باعث کاهش استفاده از منابع آب شیرین برای تولید پروتئین آبزیان در کشور شده و به حفظ منابع طبیعی موجود کمک می کند.

- کاهش صید بی رویه: پرورش ماهی در دریا و تامین ماهی مورد نیاز، سبب کاهش صید بی رویه در دریا می گردد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای ثبت اطلاعات و تعیین آمار توصیفی داده ها از نرم افزار Excel, 2010 و جهت تجزیه و تحلیل آماری داده ها و رسم نمودار روند رشد از برنامه آماری Spss نسخه ۲۳ استفاده شد. پارامترهای رشد و ضریب تبدیل غذایی در چهار سایت (قفس) تحت آزمون F مورد مقایسه قرار گرفت. جدول آنالیز واریانس داده ها در سطح احتمال پنج درصد تعیین شد. مقایسه میانگین پارامتر های اندازه گیری شده در واحدهای آزمایشی

³Benefit–Cost Ratio
^۷Profitability
^۸Net Present Value
^۹Internal Rate of Return
^{۱۰}operating expense
^{۱۱}Depreciation Cost

تولیدهای متفاوت در منطقه جنوب دریای خزر (۲۰ تن، ۱۵ تن، ۱۰ تن و ۵ تن) به نسبت توان مالی مزارع مختلف، محاسبات مربوطه تعمیم داده و جدول هزینه - فایده به علاوه سود حاصله در جدولی ارائه شد.

نتایج

زیست سنجی و تغذیه ماهی

معرفی ماهیان به قفس‌های شناور در مزارع دریایی و همچنین بررسی اولیه زیست سنجی ماهیان پیش‌پروراری قبل از ذخیره‌سازی در قفس‌شناور به شرح جدول ۲ آمده است.

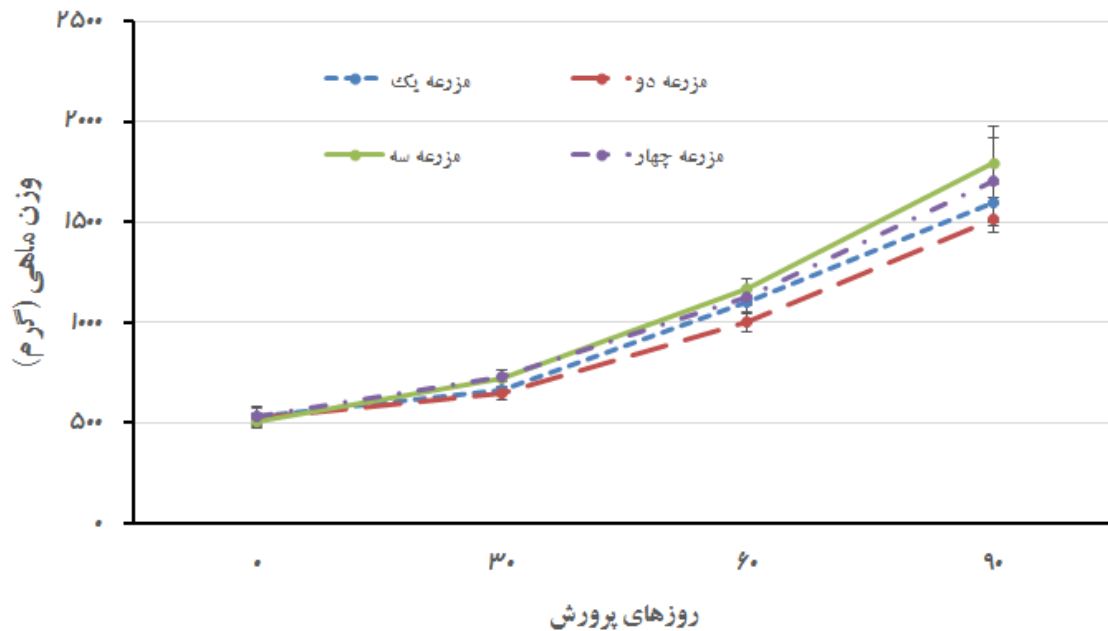
درآمد خالص حاصل از فروش ماهی محاسبه شد (Castilho-Barrosa et al., 2020).

به‌مانند تمام تحلیل‌های اقتصادی، برای ساده‌سازی مطالعه و حفظ تمرکز تحلیل بر روی حوزه‌های مناسب، باید مفروضاتی ایجاد شود. با چهار قفس به‌عنوان یک واحد، مفروضات مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از داده‌های واقعی از قفس تشریح شد (Lan et al., 2022). بنابراین در این بررسی محاسبه بر اساس میزان تولید واقعی ماهی در قفس‌های شناور در منطقه جنوب دریای خزر (۳۰ تن بازای هر قفس) در یک مزرعه دارای یک قفس و یک مزرعه دارای ۴ قفس با یک مورینگک ۴ تایی سنجش شد. سپس با توجه به میزان

جدول ۲: زیست سنجی و تغذیه قزل‌آلای رنگین کمان پرورش یافته در قفس‌های شناور در چهار مزرعه دریایی در منطقه جنوب دریای خزر (میانگین ± انحراف معیار)

مزارع دریایی	وزن اولیه (گرم)	طول چنگالی (سانتی متر)	ضریب چاقی	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن (گرم)	ضریب تبدیل غذایی
۱	۵۳۴/۴۱±۰۶/۲۵ ^a	۳۳/۱±۸۰/۱۱	۱/۰±۳۸/۱۰	۹۷±۱۵۹۴ ^c	۹۷±۱۰۶۰ ^c	۱ ^a
۲	۵۲۵/۳۹±۴۱/۴۳ ^a	۳۳/۱±۷۲/۳۸	۱/۰±۳۷/۱۳	۷۱±۱۵۱۷ ^c	۷۱±۹۹۲ ^c	۰/۹۷ ^b
۳	۵۰۸/۳۵±۹۳/۶۶ ^b	۳۳/۱±۳۳/۸۶	۱/۰±۴۰/۳۳	۱۷۸±۱۷۹۹ ^a	۱۷۸±۱۲۹۱ ^a	۱ ^a
۴	۵۲۸/۴۹±۵۳/۵۱ ^a	۳۳/۱±۶۳/۴۲	۱/۰±۳۹/۱۰	۲۲۲±۱۷۰۲ ^b	۱۹۱±۱۱۲۹ ^b	۰/۹۸ ^b

• حروف لاتین مربوط به مقایسه میانگین در هر ستون تحت آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد است.



شکل ۲: روند تغییرات وزنی قزل‌آلای رنگین کمان پرورش یافته در قفس شناور در چهار مزرعه در جنوب دریای خزر (میانگین \pm خطای استاندارد)

هزینه - فایده مزارع آبی‌پروری دریایی

هزینه - فایده محاسباتی برای تولید قزل‌آلای رنگین کمان بزرگ‌پیکر (بیش از ۱/۵ کیلوگرم) به منظور واقعی‌سازی، هر قفس با قطر ۲۰ متر و ارتفاع تور ۸ متر (حجم ۲۵۰۰ متر مکعب)، تولید ماهی برابر ۳۰ تن در نظر گرفته شد. لذا برای ۴ حلقه در هر مزرعه ۱۲۰ تن تولید ماهی محاسبه گردید. در این بررسی هزینه زمین پشتیبان در نظر گرفته نشد. هر چند هر یک از مزارع دارای یک حلقه قفس فعال برای تولید قزل‌آلای رنگین کمان بزرگ‌پیکر بودند. اما برخی از هزینه‌های تولید به نسبت تعداد قفس‌های فعال مزرعه به مانند ایاب و ذهاب غذایی، بازدیدهای غواصی و یا صید تسهیم و هزینه مرتبط مورد سنجش قرار گرفت. استهلاک قفس‌ها ۱۰ ساله و استهلاک تورقفس ۳ ساله در نظر

گرفته شد. هزینه‌های نصب قفس و تور در قیمت مربوطه لحاظ شد. هزینه - فایده تولید ماهی در مزارع تک قفس و چهار قفس به ترتیب با تولید ۳۰ و ۱۲۰ تن، به شرح جدول ۳ آمده است.

براساس جدول ۳ هزینه-فایده، میزان ریالی سود و درصد آن به نسبت هزینه‌های انجام شده با توجه به هزینه‌های ثابت و کسر هزینه‌های متغیر به نسبت تولید ماهی در مزرعه از جمله ماهی پیش‌پروری و خوراک محاسبه شد. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر میزان تولید در مزارع دریایی منطقه جنوبی دریای خزر بسته به توان مالی مدیران مزرعه متفاوت است، لذا برای تولید ۲۰، ۱۵، ۱۰ و ۵ تن قزل‌آلای رنگین کمان بزرگ‌پیکر ($< 1/5$ کیلوگرم) در هر قفس، هزینه و سود حاصله به- شرح جدول ۴ محاسبه شد.

جدول ۳: میانگین هزینه - فایده سالانه تولید قزل آلابی بزرگ پیکر ($1/5$ کیلوگرم) در دو تیپ مزرعه دریایی (۱. دارای یک قفس شناور و ۲. دارای ۴ قفس شناور) در منطقه جنوب دریای خزر

هزینه / مزارع	قیمت هر واحد	یک قفس	چهار قفس
هزینه (ریال)			
قفس با مورینگ	دوره استهلاك ۱۰ ساله	دوره یک ساله: 40×10^8	دوره یک ساله: 120×10^8
تور قفس (واحد)	دوره استهلاك ۳ ساله	دوره یک ساله: 7×10^8	دوره یک ساله: 27×10^8
تور محافظ پرند (واحد)	دوره استهلاك ۳ ساله	دوره یک ساله: $0/17 \times 10^8$	دوره یک ساله: $0/67 \times 10^8$
ماهی 500 گرم (قطعه)	۶۲۵۰۰۰	۲۰۰۰۰ قطعه: 125×10^8	۸۰۰۰۰ قطعه: 500×10^8
خوراک اکستروود (kg)	هر کیلوگرم: ۴۰۰۰۰۰	۲۷ تن: 108×10^8	۱۰۸ تن: 432×10^8
حمل ماهی از مزرعه به قفس	هر تن: $0/4 \times 10^8$	۱۰ تن: 4×10^8	۴۰ تن: 16×10^8
کارگر تمام وقت تغذیه و نگهداری (۴ ماه)	هر نفر ماه: 1×10^8	۳ نفر در دوره: 12×10^8	۵ نفر در دوره: 20×10^8
کارگر نیمه وقت برای معرفی و صید (۱۵ روز)	هر نفر روز: 1×10^7	۳ نفر در دوره: $4/5 \times 10^8$	۴ نفر در دوره: 6×10^8
غواصی	هر نفر روز: 2×10^7	$3/2 \times 10^8$	4×10^8
سوخت (۴ ماه، هر لیتر ۳۰۰۰ تومان)	۴۰ لیتر در روز	$0/15 \times 10^8$	$0/15 \times 10^8$
اجاره قایق برای ۴ ماه	اجاره روزانه ۴۰۰ هزار تومان	$4/8 \times 10^8$	$4/8 \times 10^8$
حقوق مدیر مزرعه	برای ۴ ماه	6×10^8	6×10^8
هزینه پیش بینی نشده	۳٪	۹	۳۴
جمع هزینه‌ها		$323/28 \times 10^8$	$1170/62 \times 10^8$
فایده (ریال)			
فروش ماهی	هر کیلوگرم: ۲۰۰ هزار تومان	۳۰ تن: 600×10^8	۱۲۰ تن: 2400×10^8
سود (ریال)			
سود	ریال	$276/72 \times 10^8$	$1229/38 \times 10^8$
درصد سود از میزان هزینه	%	۸۵/۶	۱۰۵

جدول ۴: سود ریالی و درصد سود به نسبت هزینه ها در میزان متفاوت تولید ماهی در یک قفس شناور در یک مزرعه دریایی در منطقه جنوب دریای خزر

ماهی/ قفس	یک حلقه	یک حلقه	یک حلقه	یک حلقه
تولید ماهی (تن)	۵	۱۰	۱۵	۲۰
هزینه (ریال)	$119/06 \times 10^8$	$160/37 \times 10^8$	$201/73 \times 10^8$	$243/13 \times 10^8$
فایده (ریال)	100×10^8	200×10^8	300×10^8	400×10^8
سود (ریال)	$-19/06 \times 10^8$	$39/63 \times 10^8$	$98/27 \times 10^8$	$156/87 \times 10^8$
درصد سود از هزینه	-۱۶/۰۱	۲۴/۷۱	۴۸/۷۱	۶۴/۵۲

بحث

آبزی پروری در قفس‌های دریایی یک روش پرورش مستقل و پایدار است که به‌عنوان جایگزین صید بی‌رویه از منابع طبیعی در نظر گرفته می‌شود. این روش علاوه بر حفظ منابع طبیعی، فرصت‌های اقتصادی و شغلی را نیز به جوامع ساحلی ارائه می‌دهد. در صنعت آبزی پروری می‌توان با برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت بهینه در مصرف آب‌شیرین برای تولید ماهی و جایگزینی آن با آب شور بهره‌جست (فارابی و سید مرتضایی، ۱۳۹۹). قزل‌آلای رنگین‌کمان امکان پرورش در آب شیرین و لب‌شور را دارا است و رشد آن در آب لب شور به مراتب بهتر است (فارابی، ۱۴۰۰؛ فارابی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Edwards, 1984; Teskeredzic et al., 1989; Akbulut et al., 2002; Altinok and Grizzle, 2001; Partridge, 2008; Prasad Nepal et al., 2021). تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان بزرگ‌پیکر در قفس‌های دریایی دارای مزایای فراوانی از جمله: رشد سریع، سازگاری مناسب با شرایط محیط دریا، بازار فروش پایدار (داخلی و صادرات) است. البته تولید پایدار، متضمن برخی تمهیدات از قبیل پروتکل‌های

متقن آبی‌پروری در قفس‌های دریایی، تسهیلات بانکی کم بهره و به‌خصوص امنیت منطقه پرورش و دسترسی آسان به صادرات محصول می‌باشد (فارابی و همکاران، ۱۳۹۹). این بررسی برای رفع برخی چالش‌های تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان بزرگ‌پیکر (بیش از ۱/۵ کیلوگرم) به انجام رسید تا سرمایه‌گذاران جزئیات تولید ماهی در قفس شناور در منطقه جنوب دریای خزر آشنا شوند.

هر چند بیوماس (نرخ افزایش وزن) ماهی در اوزان پایین‌تر (به عنوان مثال ۲۰ تا ۵۰ گرمی) بیشتر بوده و در صورت تضمین فروش محصول در اوزان ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرمی در پایان دوره پرورش در ظاهر امر دارای صرفه اقتصادی بیشتری برای مزارع دریایی است (قانع‌ی تهرانی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Akbulut et al., 2002)، اما با تولید ماهی در گروه وزنی کمتر از ۱۰۰ گرم، مزارع دریایی به‌عنوان رقیب مزارع مستقر در خشکی محسوب شده و علاوه بر ایجاد نابسامانی در مصرف بهینه آب‌شیرین در آبی‌پروری سبب رقابت و اختلال و نابسامانی در تولید و بازار فروش می‌گردد و در نهایت

آلای رنگین کمان بیش از ۲ کیلوگرمی وجود دارد، زیرا دوره پرورش در قفس‌های شناور در این تحقیق در یک دوره سه ماهه اتفاق افتاده است. بدین ترتیب می‌توان از حداکثر بهره اقتصادی در تولید ماهی استفاده کرد. پارامترهای زیست‌سنجی ماهیان در پایان دوره پرورش نشان داد که ماهی در مزارع ۳ و ۴ به ترتیب در منطقه محمود آباد (سهیل تورانداز کناری) و نوشهر (جعفر صادق) با افزایش وزنی بهتری نسبت به مزارع ۱ و ۲ برخوردار بودند و اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۲). این عامل به دلیل مدیریت صحیح در زمان ذخیره‌سازی و همچنین مدیریت تغذیه ماهیان در دوره پرورش در دو مزرعه فوق‌الذکر بوده است. اما می‌توان علل کاهش رشد ماهیان در دوره ۹۰ روزه نسبت به دو مزرعه شماره یک و دو را به ترتیب ذخیره‌سازی دیر هنگام ماهی در ماه بهمن (از دست دادن دمای مناسب محیط برای رشد بهینه)، (جدول ۱) و عدم رعایت مدیریت مناسب تغذیه ماهی (مشاهدات در پایش) نام برد. اما در مجموع هر چهار مزرعه به هدف تولید نهایی و دارا بودن ماهیان بیش از ۱/۵ کیلوگرم رسیدند و از نظر پارامترهای رشد از مقادیر مناسبی نسبت به منابع اطلاعاتی مشابه دیگر برخوردار بودند (فارابی، ۱۴۰۰؛ همکاران، Prasad Nepal et al., Akbulut et al., 2002؛ ۱۳۹۶). خوراک و تغذیه خوب در سیستم‌های آبی-پروری برای تولید اقتصادی یک محصول سالم و با کیفیت ضروری است. در پرورش ماهی، تغذیه یک پارامتر حیاتی است زیرا خوراک معمولاً ۵۰ درصد هزینه تولید متغیر را تشکیل می‌دهد (Craig et al., 2017). تغذیه ماهی در سال‌های اخیر با توسعه رژیم‌های تجاری جدید و متعادلی که رشد و سلامت

سبب خسران این صنعت در کشور می‌شود. بنابراین لازم است در این خصوص برنامه ریزی صحیح از طریق مراجع ذیصلاح (سازمان شیلات ایران و اتحادیه‌های پرورش ماهی) صورت گیرد تا تعادل و ارتباط هم‌افزایی بین آن‌ها بوجود آید و در نهایت میزان سرانه تولید و توسعه آبی‌پروری کشور افزایش یابد. از طرفی اهداف و برنامه‌ریزی بلندمدت سازمان شیلات ایران به منظور آبی‌پروری در قفس‌های دریایی در منطقه جنوب دریای خزر با نگاه صادرات محور است. همچنین بازار ماهی داخل کشور در سال‌های اخیر، متقاضی قزل‌آلای بزرگ‌پیکر بوده و ارزش فروش ماهی پرورش یافته در آب دریا به میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد بیش از نمونه‌های پرورش یافته در آب‌شیرین است و ماهی قفس‌های دریایی با اوزان بیش از یک‌ونیم کیلوگرم در بازار داخلی بیش از ماهیان کمتر از یک کیلوگرم به فروش می‌رسد (فارابی و همکاران، ۱۳۹۹).

بررسی‌ها نشان داد که ذخیره‌سازی اولیه یا ماهی‌دار نمودن قفس‌ها در اوزان بیش از ۵۰۰ گرم، امکان دستیابی به قزل‌آلای رنگین کمان بیش از ۱۵۰۰ گرم را در دوره پرورش در منطقه جنوب دریای خزر فراهم ساخت. از طرفی دوره پرورش قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های شناور در منطقه جنوب دریای خزر بستگی مستقیم به تغییرات دمای آب سطحی دریا دارد، لذا دوره پرورش این ماهی از اواخر ماه آذر (۱۹ درجه سانتی‌گراد) تا اواسط ماه اردیبهشت سال بعد (۱۹ درجه سانتی‌گراد) و حداکثر ۵ ماه خنک‌تر سال امکان‌پذیر است (فارابی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج بررسی در این تحقیق نشان داد که اگر دوره ۵ ماهه پرورش قزل‌آلای رنگین کمان ۵۰۰ گرمی در قفس شناور در منطقه جنوب دریای خزر صورت گیرد، امکان تولید قزل-

بهینه ماهی را ارتقا می‌دهد، پیشرفت چشمگیری داشته است. البته در مزارع دریایی ماهیان از غذای زنده محیط نیز استفاده کرده و به همین دلیل ضریب تبدیل غذایی ماهی در این تحقیق کمتر از ماهیان پرورش یافته در محیط آب‌شیرین بدست آمد، (Altinok and Grizzle, 2001; Farabi et al., 2020).

تحلیل هزینه - فایده با پایش چهار مزرعه مورد ارزیابی قرارگرفت و از آنجایی که هر مزرعه دارای یک قفس برای پرورش ماهیان در اوزان مورد نظر بود، لذا برآوردها هزینه - فایده به دو صورت بر اساس مزرعه تک قفسی و چهار قفسی (حداقل تعداد یک مزرعه کوچک مقیاس به منظور بررسی‌های اقتصادی ۴ قفس است) و همچنین با توجه به میزان تولید ماهی در هر قفس به عمل آمد، تا برآورد اقتصادی به عمل آماده در آینده برای بهره‌برداران و سرمایه‌گذاران مفید واقع گردد. در نتیجه، تحلیل هزینه - فایده (CBA) می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مؤثر برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌های پرورش ماهیان در قفس‌های دریایی مورد استفاده قرار گیرد و به تصمیم‌گیران کمک کند تا تصمیمات بهتری درباره سرمایه‌گذاری در این صنعت اتخاذ کنند.

سودآوری پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در سیستم‌های آبی‌پروری در حال چرخش (RAS¹²) بسته به عوامل مختلفی از جمله مکان، نوع خوراک و مقیاس تولید می‌تواند متفاوت باشد. این عوامل در پرورش ماهی در قفس‌های دریایی به‌جز مکان پرورش می‌تواند مشابه باشد. اما تفاوت‌هایی نیز بین اجزاء هزینه‌های تولید ماهی در دو مزرعه فوق وجود دارد. برآورد حافظیه و فارابی (۱۳۹۷) نشان داد که قیمت

تمام شده هر کیلوگرم قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس دریایی در منطقه جنوب دریای خزر ۱۰ درصد ارزانتر از قیمت تمام شده هر کیلوگرم آن در سیستم پرورش چرخشی آب جاری است. بررسی‌های Lan و همکاران (۲۰۲۲) در کشور تایوان در پرورش ماهی در قفس‌های غوطه‌ور دریایی نشان داد که عملیات آبی‌پروری دریایی در این نوع قفس‌ها از نظر فنی امکان‌پذیر است اما از نظر اقتصادی نیازمند سرمایه و هزینه‌های عملیاتی بالا است. این مطالعه نشان داد که عملکرد فعلی قفس‌های چهار واحدی ارزش فعلی خالص منفی و نرخ بازده داخلی را با دوره بازپرداخت بیش از ده سال تعیین شد. نتایج بررسی آن‌ها مشخص نمود که آبی‌پروری در قفس غوطه‌ور بزرگ زمانی می‌تواند از نظر مالی سودآور باشد که واحد عملیاتی آن حداقل به ۸ واحد افزایش یابد. همچنین قیمت بازار و نرخ بقاء به طور قابل توجهی بر سودآوری آبی‌پروری در قفس غوطه‌ور بزرگ تأثیر گذار است (Lan et al., 2022). در این بررسی مزارع مورد مطالعه دارای یک قفس فعال با ذخیره سازی محدود بود. لذا برای انعکاس میزان سود واقعی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس‌های شناور بیوماس متعارف و تعداد قفس‌های موجود در هر مزرعه و میزان تولید متناسب برای تعیین حاشیه سود، در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق حاضر حداقل حاشیه سود منطقی برای یک مزرعه را با تعداد ۴ حلقه قفس شناور و حداقل میزان تولید برای هر قفس را به تناسب بهره تسهیلات بانکی ۲۳ درصد و دوره استهلاک تجهیزات در ۱۰ سال با تولید ۲۰ تن ماهی تعیین شد. در غیر این صورت مزارع به مرور دارای زیان انباشته شده و از رده تولید خارج می‌شوند. البته امنیت و ملاحظات زیست محیطی از شروط اصلی برای

دارای ۳۰ و ۷۰ درصد سود خالص است. از طرفی پرورش این ماهی با تولید کمتر از ۲۰ تن (کمتر از ۸ کیلوگرم در متر مکعب) برای هر قفس در مزارع دریایی منطقه جنوب دریای خزر توصیه نمی‌گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از همکاری کارکنان پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر مازندران سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

۱. حافظیه، م.، فارابی، س.م.و.، ۱۳۹۷. تعیین عوامل مؤثر بر قیمت تمام شده ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های دریای استان مازندران. مجله علمی شیلات ایران، ۲۷(۵)، ۱۱-۱۸.
۲. سازمان شیلات ایران. ۱۴۰۲. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۴۰۱-۱۳۹۷. دفتر برنامه‌ریزی و بودجه. چاپ تصویر گیلان. ۶۴ صفحه.
۳. شهرستانی، ح.، ۱۳۹۳. سازماندهی و مدیریت مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۵)، ۴۵-۳۷.
۴. صیادبورانی، م.، مقصودیه کهن، ح.، صیادبورانی، م.، زحمتکش کومله، ع.، ولی پور، ع.ر.، دقیق روحی، ج.، عموزاده عمرانی، م.، ۱۳۹۱. بررسی امکان پرورش ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) در تراکم‌های مختلف با استفاده از آب دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۶(۲)، ۴۵-۵۵.
۵. صیادبورانی، م.، ولی پور، ع.ر.، بهمنی، م.، حسینجانی، ح.، بهمنش، ش.، باقری، س.، نجار

حفظ و بقای پایدار آبرزی پروری در منطقه جنوب دریای خزر بوده که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار نگرفت و در صورت عدم بررسی و تمهیدات مناسب می‌تواند سبب ضرر و زیان مزارع دریایی و تخریب اکوسیستم منطقه گردد. در این راستا با توجه به شرایط اکولوژی کشور ایران و امکان توسعه یک جانبه آبرزی پروری در دریا و به‌خصوص در دریای خزر، نیازمند حمایت همه جانبه دولت از این صنعت با ایجاد زیرساخت‌ها لازم اعم از ایجاد قوانینی به منظور آبرزی پروری زنجیره ای پایدار، ساخت اسکله و برقراری تسهیلات کم بهره و امکان صادرات آسان محصولات می‌باشد.

نتیجه گیری

در بررسی های اقتصادی و سود آوری محورهای تولید، تقاضای بازار و درآمد از ارکان اصلی محسوب می‌گردند که در این تحقیق مناسب بوده است. ارزیابی اقتصادی به روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های شناور در منطقه جنوب دریای خزر نشان داد که این فعالیت اقتصادی دارای مزایا و فواید قابل توجهی است. با تأسیس و بهره‌برداری از قفس های شناور، همچنین استفاده از روش‌های پرورش نوین، می‌توان به تولید بالا و کاهش آلودگی در محیط زیست که ناشی از پرورش سنتی ماهیان در منطقه است، کمک نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که حداقل حاشیه سود منطقی برای یک مزرعه دریایی با ۴ قفس شناور به حجم ۲۵۰۰ متر مکعب با تولید ۸۰ و ۱۲۰ تن ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان بزرگ‌پیکر و احتساب وام با بهره بانکی ۲۳ درصد و دوره استهلاك تجهیزات ۱۰ ساله، به‌ترتیب

۷۶-۱۲۵۳-۰۰۸-۹۸۰۵۰۳-۳، شماره ثبت: ۵۸۸۹۰،
۴۶ صفحه.

۱۰. فارابی، س.م.و.، سید مرتضایی، س.ر.، ۱۳۹۹.

ضرورت استفاده از منابع آبی شور به منظور توسعه آبی‌پروری و امکان سنجی معرفی ماهی آتلانتیک سالمون (*Salmo salar* (Linnaeus, 1758) به صنعت آبی‌پروری ایران. گزارش علمی فنی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. فروست: ۵۸۵۲۴. ۷۸ صفحه.

۱۱. فارابی، س.م.و.، بهمنی، م.، حافظیه، م.،

نصراله زاده ساروی، ح.، صفری عیسی خندقی، ر.، قیاسی، م.، گل آقائی درزی، م.، مکرمی رستمی، ع.، افرائی بندپی، م.ع.، آذری، ع.ح.، صالحی، ع.ا.، رضائی، م.، شریفیان، م.، سیدمرتضائی، س.ر.، آقائی مقدم، ع.ع.، صیاد بورانی، م.، قره وی، ب.، قرنجیک، ب.، بهمنش، ش.، محسنی، م.، ۱۳۹۹. آبی‌پروری دریایی در شمال کشور ایران، منطقه جنوب دریای خزر. گزارش نهایی به شماره فروست: ۵۹۲۴۰. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۳۹. صفحه. فارابی، س.م.و.، ۱۴۰۰. بررسی عملکرد رشد و کارایی تغذیه قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس‌های شناور منطقه جنوب دریای خزر. مجله تغذیه آبزیان، ۷(۳)، ۴۹-۵۹.

۱۲. قانع‌تهرانی، م.، متین‌فر، ع.، فارابی،

س.م.و.، حافظیه، م.، شریفیان، م.، بینایی، م.، ۱۳۹۹. پارامترهای بیوشیمیایی و فاکتورهای خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در مواجهه با شوری‌های مختلف آب. نشریه توسعه آبی‌پروری، ۱۴(۲)، ۹۵-۱۰۹.

لشگری، س.، دقیق روحی، ج.، ۱۴۰۱. عملکرد رشد ماهیان سردآبی در قفس‌های مستقر در دریای کاسپین در سواحل گیلان. دوفصلنامه علوم آبی‌پروری پیشرفته، ۶(۲)، ۱۳-۲۵.

۶. داد، س.، جعفریان، ح.، فارابی، س.م.و.، پاتیمار، ر.، روحی، ا.ق.، هرسیج، م.، ۱۳۹۸. اثرات پرورش ماهی در قفس‌های شناور بر رسوبات بستر و ساختار اجتماعات بزرگ بی‌مهرگان کفزی در جنوب دریای خزر، کلارآباد. نشریه توسعه آبی‌پروری، ۱۳(۱)، ۶۱-۷۷.

۷. دریانبرد، غ.، فارابی، س.م.و.، فضل‌ی، ح.، متین‌فر، ع.، غرا، ک.، ۱۳۹۶. جانمایی مکان‌های مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش ماهیان در آب‌های ایرانی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۳)، ۱۵۹-۱۶۹.

۸. فارابی، س.م.و.، شریف روحانی، م.، متین‌فر، ع.، عبدالحی، ح.، نگارستان، ح.، پورنگ، ن.، پورغلام، ر.، فضل‌ی، ح.، افرائی بندپی، م.ع.، نصرالله زاده ساروی، ح.، بهمنش، ش.، محسنی، م.، آذری، ع.ح.، دریانبرد، غ.ر.، نجف‌پور، ش.، عابدیان. آ.، ۱۳۹۶. مطالعه جامع اکوسیستم منطقه جنوبی دریای خزر با هدف استقرار قفس و توسعه آبی‌پروری دریایی. گزارش نهایی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. فروست ۵۱۹۰۲. ۱۴۰ صفحه.

۹. فارابی، س.م.و.، سلیمانی رود پستی، ع.، ۱۳۹۹.

بررسی اثر تراکم ذخیره ماهی (قزل‌آلای رنگین‌کمان) در قفس شناور بر عملکرد رشد و تولید نهایی در جنوب دریای خزر. سازمان تات، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. شماره مصوب:

- Norwegian Seafood Federation and the Norwegian Seafood Council. 26p.
21. Aswathy, N., Imelda, J., 2019. Economic Feasibility and Resource Use Efficiency of Coastal Cage Fish Farming in Kerala. *Journal of Economic Affairs*, 64(1), 151-155pp. 9.
 22. Castilho-Barrosa, L., Owatari, M.S., Mouriño, J.L.P., Silva, B.C., 2020. Seiffert, W.Q. Economic feasibility of tilapia culture in southern Brazil: A small-scale farm model. *Aquaculture*, 515, 734551.
 23. Craig, S.R., Helfrich, L.A., Schwarz, M.H., 2017. *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding*. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Tech, <http://hdl.handle.net/10919/80712>.
 24. Edwards, D., 1984. FAO. Status and prospects for brackish and sea water cage culture of finfish in Yugoslavia. 1982-1983.
 25. Fard, B., 2019. Fish farming in Turkey. <https://fardfishery.ir/history-of-fish-farming-in-turkey/?lang=en>.
 26. Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster, C.D., Lim, C.E. (Eds.), *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*. CABI Publishing, 184-202.
 27. FAO (Food and Agriculture Organization), 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation*. Rome, FAO. 266P. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.
 28. FAO (Food and Agriculture Organization), 2023. Fisheries and Aquaculture Division Cultured Aquatic Species Information Programme (*Oncorhynchus mykiss*). https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Oncorhynchus_mykiss.xml&lang=en.
 29. Farabi, S.M.V., Tabari, M.R., Hafezieh, M., Safari, R., 2020. Investigation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) culture in marine floating cages in the Southern Caspian Sea. *Journal of Aquaculture and Marine Biology*, 9(5), 203-206.
 30. Lan, H.-Y.; Afero, F.; Huang, C.-T.; Chen, B.-Y.; Huang, P.-L.; Hou, Y.-L., 2022. Investment Feasibility Analysis of Big Submersible Cage Culture in Taiwan: A
۱۳. کریمیان، ع.، ذاکری، م.، فارابی، س.م.و.، حقی، م.، کوچینین، پ.، ۱۳۹۶. اثر پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس شناور بر ساختار جمعیت زئوپلانکتونی منطقه عباس آباد، در جنوب دریای خزر. نشریه توسعه آبرزی پروری، ۱۱(۳)، ۷۵-۹۴.
 ۱۴. میان آبادی، آ.، داوری، ک.، ۱۴۰۲. بررسی تغییرات مقدار و توزیع بارش و دما در ایران و اثرات آن‌ها بر رخدادهای حدی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱۰(۲)، ۱۳-۲۶.
 15. Abdel-Tawwab, M., Abdel-Rahman, A. M., Ismael, N.E.M., 2008. Evaluation of commercial live baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia *Oreochromis niloticus* challenge in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 280, 185-189.
 16. Agaro, E.D., Gibertoni, P.P., Esposito, S., 2022. Recent Trends and Economic Aspects in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Sector. *Applied Sciences*, 12(17), 8773.
 17. Ahmad, T., Zhang, D.D., 2021. Renewable energy integration/techno-economic feasibility analysis, cost/benefit impact on islanded and grid-connected operations: A case study. *Renew. Energy*, 180, 83-108.
 18. Akbulut, B., Sahin, T., Aksungur, N., Aksungur, M., 2002. Effect of initial size on growth rate of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in cages on the Turkish Black Sea coast. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2, 133-136.
 19. Altinok, I., Grizzle, M., 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juvenile euryhaline and fresh water stenohaline fish. *Fish Biology*, 59, 1142-1152.
 20. Andreassen, G., Martinussen, T., 2020. *Aquaculture in Norway*. Published by the

- (*Salmo gairdneri*) in fresh and brackish water in Yugoslavia. *Aquaculture*, 77, 1-10.
41. Tidwell, J. H., Allan, G.L., 2001. Fish as food: aquaculture's contribution: Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *EMBO Reports*, 2(11), 958-963.
- Case Study of Snubnose Pompano (*Trachinotus anak*) and Cobia (*Rachycentron canadum*). *Fishes*, 7, 151.
31. Jiang, W., Rainer, M., 2021. The origin of cost-benefit analysis: a comparative view of France and the US. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 1-11.
32. Maguregui, E., 2022. Aquaculture production in Turkey. <https://www.veterinariadigital.com/en/articulos/aquaculture-production-in-turkey/>.
33. Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H., Bush, S.R., Goa, L., Klinger, D.H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, E., Troell, M., 2021. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591, 551-563.
34. NRC (National Research Council), 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039.392P>.
35. Odek, R., and Oluoch, J. 2023. Cost Benefit Analysis origin and applicability of its recent advances: A Critical Review. E-ISSN: 2469-4339 *Management and Economics Research Journal*. 1-9P.
36. Partridge, G.J., Lymbery, A.J., George, R.J., 2008. Finfish Mariculture in inland Australia: A review of potential water sources, species and production systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(3) 291-310.
37. Pillay, T.V.R., Kutty, M.N., 2005. *Aquaculture: Principles and Practices*, 2nd edn. Blackwell Publishing, Ames, IA, USA, 458-460.P
38. rasad Nepal, A., Sharma, S., Bhujel, R.C., Gurung, T.B., 2021. Condition factor, growth performance, and production of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in floating cages in a shallow reservoir in Panauti, Nepal: A preliminary study. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9(3), 12-21.
39. Tacon, A.G.J., 1990. Standard method for nutritional and feeding of farmed fish and shrimp. *Argent librations press*. Redmond, Wash, 1, 117.
40. Teskeredzic, E., Teskeredzic, Z., Tomec, M., Modrusan, Z., 1989. A comparison of the growth performance of Rainbow trout

Economic study of the production of big- size (1.5< kg) Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in floating cages in the southern Caspian Sea region

Farabi, S.M.V.^{1*}, Ghiasi, M.¹

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran.

Received: 8 November 2023

Accepted: 16 January 2023

Abstract

The development of aquaculture is inevitable with increasing population and to ensure food security. On the other hand, due to the limitation of fresh water, the development of aquaculture is expanding in the sea. In the last decade, the rearing of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Caspian Sea cages was done to form a production chain with pond farms to produce big-sized fish for export. The purpose of this research was the economic evaluation of the production of big-sized (1.5< kg) Rainbow trout in sea cages using the Cost-Benefit Analysis (CBA) method. This research was done in 4 sea farms in the south of the Caspian Sea. Fish with an initial weight of 500 grams were introduced into the floating cage (volume of 2500 cubic meters). The fish reached a weight of 1517 ± 71 grams to 1799 ± 178 grams in 90 days of the rearing period. All production costs (variable and fixed costs) and profit from fish sales were calculated. For the economic evaluation, each marine farm was considered with four floating cages and the production rate of 5, 10, 15, 20, and 30 tons of fish for each cage. The results showed that the minimum reasonable profit margin for a farm with a production of 80 and 120 tons of fish and taking into account a loan with a bank interest of 23% and a 10-year equipment depreciation period has 30% and 70% net profit, respectively. On the other hand, raising rainbow trout in floating cages with a volume of 2500 cubic meters and producing less than 20 tons (less than 8 kg per cubic meter) for each cage is not recommended in marine farms in the southern Caspian Sea region.

Keywords: Aquaculture, Caspian Sea, *Oncorhynchus mykiss*, Big Size, Economic

* Corresponding Author mv_farabi@hotmail.com