معرفی کاربردی مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی آبزی‌پروری دریایی: راهکاری برای برآورد تولید و ارزش فعلی خالص (NPV)

الهام حق‌شناس[۱]، مهدی غلامعلی‌فرد[۱*]، نعمت‌الله محمودی[۲]

۱-گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۲-گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت شهریور ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۵

چکیده

اکوسیستم‌های دریایی و ساحلی فراهم‌کننده‌ی مزایا و خدمات مختلفی برای انسان هستند که آبزی‌پروری دریایی به عنوان یکی از مهم‌ترین این خدمات به شمار می‌رود. سواحل جنوبی دریای خزر به ویژه سواحل مازندران از پتانسیل مناسبی جهت توسعه‌ی آبزی‌پروری دریایی برخوردار است. هم‌اکنون ۹ مزرعه پرورش ماهی در سواحل مازندران با ظرفیت‌های تولید مختلف درحال بهره‌برداری و یا دارای مجوز به منظور بهره‌برداری است. در این مطالعه با استفاده از مدل آبزی‌پروری دریایی، رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchs mykiss*) با توجه به دمای روزانه، نرخ متابولیسم و نرخ مرگ و میر طبیعی مدل‌سازی شد و در نهایت میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV:Net Present Value) برای این گونه در هر مزرعه با در نظر گرفتن دو سناریوی ۱) توسعه و ۲) تولید بر اساس وضعیت کنونی محاسبه گردید که این مقادیر به ترتیب در هر سناریو برابر با ۲۷۸۶ و ۱۱۲۱ تن با میزان NPV ۱۱۱۵۸ و ۴۴۹۶ میلیون تومان از کل قفس‌های موجود در مدت ۱ سال برآورد شد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می‌دهد، دوره رشد کامل از زمان رهاسازی (۲۰۰گرم) تا برداشت ۲ دوره در هر سال می‌باشد. طول دوره‌ی رشد نیز با افزایش دما کاهش می‌یابد به صورتی که در دمای ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱۴۲، ۱۲۴ و ۱۱۰ روز می‌باشد. از آنجایی که در مزارع آبزی‌پروری موجود در سواحل مازندران اکثراً گونه‌ی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش می‌یابد؛ مطالعه‌ی حاضر به برآورد میزان تولید و NPV این گونه پرداخته است. این گونه به علت غیربومی بودن در دریای خزر خطرات محیط‌زیستی مختلفی ممکن است به همراه داشته باشد در نتیجه لازم است که در مطالعات بعدی اثرات و پیامدهای مختلف آن مورد بررسی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: خدمات اکوسیستمی، مدل آبزی‌پروری دریایی، ارزش فعلی خالص (NPV)، قزل‌آلای رنگین‌کمان، سواحل مازندران

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

مقدمه

اکوسیستم‌های ساحلی یکی از غنی‌ترین اکوسیستم‌ها و فراهم کننده مزایا و خدمات مختلفی برای انسان هستند (Boyd & Banzhaf, 2007). اخیراً این خدمات در ارتباط با عملکرد آن در چهار بخش از قبیل خدمات اکوسیستم تنظیمی (services Regulating) (حفاظت ساحلی و منبع ذخیره-ی کربن)، تأمینی (Provisioning services) (ماهیگیری، آبزی‌پروری و تولید انرژی برق از امواج)، فرهنگی (Cultural services) (گردشگری ساحلی) و حمایتی (Supporting services) (منابع عظیم تنوع ژنتیکی- اکولوژیکی و وجود چرخه‌های زیستی در آن) طبقه‌بندی شده است (Guerry *et al*., 2013).

در دهه‌های اخیر، استفاده از برنامه‌های کاربردی به منظور ارزیابی و ارزش‌گذاری اقتصادی این خدمات افزایش یافته است که از جمله آن‌ها می‌توان به ابزارهای فنی کاربردی (Multiscale Integrated Models of Ecosystem Services) MIMES، Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) InVEST و (Artificial Intelligence for Ecosystem Service) ARIES اشاره کرد. آبزی‌پروری دریایی به عنوان یکی از مهم‌ترین خدمات اکوسیستم دریایی و ساحلی (Marine and Coastal Ecosystem Services) به شمار می‌رود که به راحتی ارزش‌گذاری می‌شود و نقش اساسی در رفاه انسان دارد (Barbier, 2012).

آبزی‌پروری دریایی (Marine Aquaculture) در واقع کشت انواع آبزیان از جمله ماهیان پرورشی در اکوسیستم‌های دریایی و ساحلی تعریف می‌شود. با توجه به افزایش جمعیت جهانی تقاضا برای مصرف آبزیان در جهان رو به افزایش است و صید جهانی آبزیان به حدی رسیده که دیگر نمی‌توان به شیوه‌های کنونی، ذخائر دریاها را بیش از این برای تأمین غذا تحت فشار قرار داد بنابراین آبزی‌پروری دریایی می‌تواند منبع مطمئنی برای تهیه و تأمین آبزیان در جهان باشد (Beveridge, 2008). کشورهای نروژ، شیلی، چین ،ژاپن، انگلیس و ترکیه از جمله کشورهایی هستند که پیشرفت زیادی در این زمینه داشته‌اند و ایران نیز دارای ظرفیت مناسبی جهت رشد و توسعه این صنعت می‌باشد (گزارش شرکت رفا- نروژ، ۱۳۸۳).

از جمله ضرورت‌های آبزی‌پروری دریایی در ایران می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ ۱) سرانه‌ی مصرف آبزیان در ایران (حدود ۸/۵ کیلوگرم) کمتر از نصف متوسط مصرف جهانی (۱۷/۵) است در صورتی که این رقم در برخی کشورهای پیشرفته (اروپای غربی) ۲۶ کیلوگرم و در چین و ژاپن حدود ۵۰ تا ۶۰ کیلوگرم گزارش شده است (FAO, 2014). ۲) پرورش ماهی در آب‌های شیرین داخلی کشور نیز دارای محدودیت بوده است چرا که ایران با متوسط بارندگی حدود ۲۴۰ میلی‌متر (متوسط جهانی۸۵۰ میلی‌متر) و میانگین تبخیر سالانه برابر با ۲۱۰۰ میلی‌متر (متوسط جهانی۷۰۰ میلی‌متر) جزو کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌گردد (شهرستانی، ۱۳۹۳). ۳) وجود سواحل گسترده با پتانسیل مناسب در شمال و جنوب کشور زمینه را برای گسترش آبزی‌پروری دریایی فراهم می‌آورد (میگلی‌نژاد، ۱۳۹۱). از دیگر مزایای آبزی‌پروری دریایی می‌توان به افزایش تولید آبزیان در کشور، کاهش فشار صید بر ذخایر آبزیان و فرصت احیای مجدد به آن‌ها، ایجاد اشتغال پایدار و به وجود آمدن امکان صادرات و ارزآوری اشاره کرد.

سواحل دریای خزر با ۸۷۳ کیلومتر و استان مازندران با ۴۸۷ کیلومتر طول نوار ساحلی (دانه‌کار و همکاران، ۱۳۹۱) جهت سرمایه‌گذاری و بهره برداری‌های صنعت‌آبزی‌پروری مورد توجه سازمان شیلات ایران همچنین بخش خصوصی می‌باشد. براساس بررسی انجام شده توسط شرکت رفا (نروژ) در سال ۱۳۸۳ با عنوان" مطالعه چهارچوب اصلی توسعه آبزی‌پروری در قفس‌های دریایی در ایران"، بخش مرکزی این سواحل (استان مازندران) به علت دارا بودن شرایط توپوگرافی و عمق مناسب دارای بیشترین پتانسیل تولید و پرورش ماهی معرفی شده است و هم‌اکنون ۹ مزرعه پرورش ماهی (هر مزرعه شامل چندین قفس فعال و غیر فعال) در مناطق جویبار(۱)، بابلسر(۱)، نوشهر(۲)، تنکابن (۴)، رامسر(۱) در سواحل این استان در عمق بیش از ۳۰ متر درحال بهره‌برداری است. که در اکثر این مزارع گونه قزل‌آلای رنگین کمان پرورش داده می‌شود (اداره کل شیلات مازندران، ۱۳۹۵).

قزل‌آلای رنگین‌کمان از خانواده آزاد ماهیان و گونه‌ای مناسب برای پرورش به شمار می‌رود، چرا که از سرعت رشد مناسبی برخوردار است و به راحتی از غذاهای دستی استفاده می‌کنند و در بین سایر گونه‌ها بیشترین بازارپسندی را دارد

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

ولی از طرفی به دلیل غیربومی بودن در دریای خزر خطرات محیط‌زیستی مختلفی ممکن است به همراه داشته باشد در نتیجه لازم است که در مطالعات بعدی ملاحظات لازم به منظور پرورش این گونه در نظر گرفته شود.

مطالعات محدودی در زمینه مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی دریایی صورت گرفته و این تحقیقات رو به گسترش است. از مهمترین این مطالعات می‌توان به مطالعه Guerry و همکاران (۲۰۱۲) در Lemmens Inlet (کانادا، جزایر ونکوور) اشاره کرد. در این مطالعه ۴ نوع از خدمات اکوسیستم دریایی و ساحلی از جمله آبزی‌پروری (پرورش نرمتنان صدف‌دار)، گردشگری دریایی، کیفیت‌آب و کیفیت زیستگاه تحت سناریوهای مدیریتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق در مورد مدل آبزی‌پروری دریایی (پرورش نرم‌تن)، به این شرح می‌باشد که از ۱۱ مزرعه‌ی موجود، کمترین میزان ارزش فعلی خالص (NPV) ۲۲۰۹ دلار و بیشترین ارزش فعلی خالص(NPV) برابر با ۱۷۱۹۳۵ دلار در یک سال محاسبه شده است.

میزان تولیدات و NPV مزارع پرورش ماهی آزاد اطلس در WCVI (سواحل شرقی جزایر ونکوور اسلند) توسط Guerry و همکاران (۲۰۱۳) مورد ارزیابی قرار گرفت. تعداد مزارع موجود در این منطقه ۲۱ عدد می‌باشد که میزان تولیدات این ماهی تحت سه سناریوی مدیریتی (۱.توسعه، ۲.استفاده به شیوه کنونی و ۳. حفاظت) محاسبه شد. میزان کل تولیدات از ۲۱ مزرعه موجود به ترتیب در هر سناریو عبارت است از: ۱۸۰ ، ۱۷۰، ۱۴۰ هزار تن و میزان ارزش فعلی خالص از هر سناریو به ترتیب ۲۵۰، ۲۴۰، ۱۸۰ میلیون دلار برآورد شده است.

Valentini و همکاران در سال ۲۰۱۶ با استفاده از مدل خدمات اکوسیستم آبزی‌پروری دریایی، رشد و تولید دو نوع ماهی باس (*Sea bass*) و بس (*Sea bream*) دریایی را مدل‌سازی کردند. این مطالعه در دریایی مدیترانه انجام گرفت و دما به عنوان اصلی‌ترین عامل مؤثر در رشد ماهی در نظر گرفته شد که از تصاویر ماهواره‌ای جهت تهیه دمای سطح آب استفاده گردیده است.

در این مطالعه ضمن معرفی مدل آبزی‌پروری دریایی، میزان تولیدات و ارزش فعلی خالص (NPV) گونه‌ی قزل‌آلای رنگین کمان در هر یک از مزارع موجود (بخش اول مدل) و نیز در کل منطقه مورد مطالعه (بخش دوم مدل) محاسبه می‌گردد و نیز تأثیر دما بر روی میزان رشد و NPV نشان داده می‌شود. این مدل با در نظر گرفتن هم‌زمان متغیرهای ژنتیکی (پارامترهای رشد هر گونه) و متغیرهای محیطی (دما) رشد هر ماهی را در بازه زمانی مشخص مدل‌سازی می‌کند.

مواد و روش‌ها

معرفی مدل آبزی‌پروری دریایی (Marine Aquaculture Model)

مدل آبزی‌پروری دریایی در دو بخش قابل اجرا است. بخش اول میزان تولید و NPV را در هر مزرعه اندازه‌گیری می‌کند، بر این اساس در این بخش دمای هر مزرعه به طور مجزا در نظر گرفته شده و وارد مدل می‌شود. بخش دوم میزان پتانسیل تولید گونه‌ی مورد نظر در کل منطقه مورد مطالعه را محاسبه می‌کند بنابراین نیاز است که دما به صورت تصویری پیوسته (رستری) تهیه و وارد مدل شود. به طور کلی میزان کل تولیدات در هر دو بخش در سه مرحله مدل‌سازی می‌شود. در مرحله‌ی اول رشد هر ماهی به صورت انفرادی برای رسیدن به وزن نهایی مورد نظر، مرحله دوم وزن کل ماهیان برداشت شده در هر مزرعه و تعداد سیکل در کل دوره پرورش و مرحله سوم ارزش‌دهی اقتصادی به کل تولیدات مزرعه مورد محاسبه قرار می‌گیرد (Eastman, 2015؛ Sharp *et al.*, 201). در این مطالعه رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان مدل‌سازی می‌شود.

مدل‌سازی رشد هر ماهی برای رسیدن به وزن نهایی

در این مرحله رشد ماهی از زمان رهاسازی در قفس تا زمان برداشت بر اساس رابطه ۱ مدل‌سازی می‌گردد. رشد و متابولیسم یک ماهی فقط تحت تأثیر عوامل ژنتیکی (پارامترهای رشد و شرایط وزنی یک گونه) نیست، بلکه عوامل غیرزنده و محیطی مانند دما، میزان اکسیژن محلول، شدت نور، غلظت آمونیوم و سایر عوامل محیطی در میزان رشد گونه مؤثر است (Moradya *et al.*, 2012). در رابطه ۱ با در نظر گرفتن وزن ماهی، پارامترهای رشد و دما (به عنوان مؤثرترین عامل محیطی) با فرض مناسب بودن سایر شرایط محیطی رشد گونه‌ی مورد نظر مدل‌سازی می‌گردد. (۱)

$$W_{t,y,f} = \left(\alpha \times (W_{t-1,y,f})^{\beta} \times e^{\tau \times T(t-1,f)} \right) + W_{t-1,y,f}$$

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

در این رابطه؛ W نشان دهنده وزن ماهی(kg) در زمان t (روز)، سال y و مزرعه‌ی f می‌باشد. α و β پارامترهای رشد هستند که در فرآیند مدل‌سازی هر دو ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می‌شوند. واحد پارامتر α برابر است با ($g^{(1-\beta)}/day$) و مقدار آن به ژنتیک و واریته‌ی گونه‌ی مورد نظر بستگی دارد و β پارامتری بدون واحد است که مقدار آن ۰/۶۶۶۷ می‌باشد. T نشان‌دهنده‌ی دمای آب ($°C$) است. بر اساس مطالعه‌ی Stigebrand و همکاران در سال ۱۹۹۹ و نیز Sharp و همکاران درسال ۲۰۱۴ با افزایش نرخ متابولیسم در آزاد ماهیان به ازای افزایش دمای ۸ تا ۹ درجه سانتیگراد ۰/۰۸ در نظر گرفته می‌شود. در واقع τ معکوس دما است ($1/°C$).بنابراین وقتی دما به میزان ($\frac{1}{\tau}$) افزایش یابد، متابولیسم و رشد ماهی نیز به میزان $e^{(\tau \times T)}$ افزایش می‌یابد(e =۲/۷۱۸).

در مدل آبزی‌پروری دریایی، بخشی به عنوان آنالیز حساسیت مدل با استفاده از روش مونت‌کارلو طراحی شده است (Sharp *et al.*, 2014). از روش مونت کارلو در شبیه سازی پدیده‌هایی استفاده می‌شود که دارای پارامترهای قطعی و غیرقطعی (احتمالی) بوده و ارتباط مشخصی بین پدیده‌ها برای حصول نتیجه نهایی برقرار است (غیاث، ۱۳۹۳). در این مطالعه پارامترهای رشد α و β به عنوان پارامترهای تصادفی (غیر قطعی) در نظر گرفته می‌شوند که تأثیر عدم قطعت این دو بر نتیجه خروجی مشخص می‌شود. این آنالیز با تکرار فرآیند مذکور نتیجه کلی مجموعه را به صورت تابعی احتمالی (بیشترین احتمال وقوع) بیان می‌کند. برای اجرای این روش، انحراف معیار از α را ۰/۰۰۵ و انحراف معیار از پارامتر β را ۰/۰۵ با ۱۰۰۰ مرتبه تکرار در نظر گرفته شد.

ارزیابی وزن کل ماهیان برداشت شده از یک مزرعه

در این مدل فرض بر این است که تفاوت فردی بین ماهیان وجود ندارد و ماهیان با وزنی برابر رهاسازی شده و هم‌زمان به وزن قابل برداشت خواهند رسید. وزن کل ماهیان تولید شده از هر مزرعه با استفاده از رابطه‌ی ۲ محاسبه می‌شود.

(۲)

$$TPW_{f,c} = W_{th,h,f} \times d \times n_f \times e^{-M \times (t_h - t_0)}$$

در این رابطه TPW (Total weight of processed fish) وزن کل ماهیان برداشت شده (kg) در هر مزرعه (f) در طول یک دوره‌ی رشد (c)، $W_{th,h,f}$ وزن نهایی یک ماهی به هنگام برداشت، n_f تعداد ماهی رهاسازی شده در هر مزرعه (f) می‌باشد. d کسری از وزن ماهی است که بعد از فرآیندهای پردازش (سرزنی و خروج امعا و احشاء) باقی می‌ماند. $e^{-M \times (t_h - t_0)}$ نرخ مرگ و میر طبیعی ماهی که به صورت نمایی و منفی در نظر گرفته شده است و نشان‌دهنده‌ی این است که با افزایش سن ماهی، مرگ و میر طبیعی کاهش می‌یابد. $(t_h - t_0)$ مدت زمان (روز) یک دوره رشد می‌باشد که در رابطه ۱ برای رسیدن وزن اولیه ماهی به وزن برداشت محاسبه شده است.

ارزش‌دهی اقتصادی

در این مرحله ارزش فعلی خالص (NPV) کل تولیدات برای هر مزرعه در هر دوره‌ی رشد با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد. NPV از ضرب وزن کل محصولات تولیدی هر مزرعه در قیمت هر کیلو ماهی با در نظر گرفتن هزینه‌های صورت گرفته در طول دوره پرورش محاسبه می‌شود.

(۳)

$$NPV_{f,c} = TPW_{f,c} \times \left[P(1-c) \times \frac{1}{(1-r)^t} \right]$$

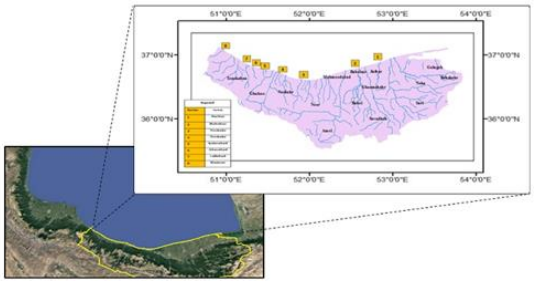
در این رابطه؛ P قیمت تمام شده‌ی بازار به ازای هر کیلو ماهی و C کسری از هزینه‌های انجام شده به ازای هر کیلو ماهی در هر دوره رشد می‌باشد (جدول۶ پیوست: گزارش توجیه اقتصادی اخذ شده از اداره کل شیلات مازندران، ۱۳۹۵). t تعداد روزها از زمان آغاز اجرای مدل تا پایان، r نرخ کاهش روزانه بازار می‌باشد (در این تحقیق از این پارامتر صرف نظر و مقدار آن ۰ در نظر گرفته شده است).

نمونه‌ای از حل روابط موجود در مدل آبزی‌پروری دریایی در جدول۷ به پیوست ارائه گردیده است. این مدل در نرم‌افزار InVEST و TerrSet قابل اجراست. خروجی نهایی شامل جدولی است که در آن، نوع پارامترهای ورودی، میزان کل تولیدات، ارزش فعلی خالص (NPV) و طول یک دوره‌ی رشد در هر مزرعه به طور جداگانه مشخص شده و نیز جدولی که نشان‌دهنده‌ی کل تولیدات و ارزش فعلی خالص (NPV) در طول یک بازه زمانی مشخص (۱ سال) می‌باشد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

منطقه مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه، سواحل مازندران می‌باشد که بین ۴۲ درجه تا ۵۴ درجه طول شرقی و ۳۶ تا ۴۳ درجه عرض شمالی واقع شده است. در شکل۱ نشان‌دهنده‌ی موقعیت مزارع آبزی-پروری سواحل مازندران می‌باشد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه (سواحل استان مازندران)

Figure 1: Study area (Coastal Area of Mazandaran Province)

نوع قفس‌های مورد استفاده در این مزارع پلی‌اتیلن مدور می-باشد. حجم این قفس‌ها با توجه به دارا بودن قطر ۲۰ متر و ارتفاع ۹ متر (ارتفاع داخل آب ۸ متر و ۱ متر بالای آب)؛ حدوداً برابر با ۲۵۰۰ مترمکعب (۳/۱۴×(۱۰۰)×۸) است. جدول۱ نیز تعداد و مشخصات فنی هر قفس در هر مزرعه می‌باشد (اداره کل شیلات مازندران، ۱۳۹۵).

جدول۱: موقعیت مزارع پرورش ماهی در قفس در سواحل استان مازندران

Table 1: The location of each farm in the Mazandaran province coastal

شماره مزرعه	موقعیت مکانی هر مزرعه		شهرستان	تعداد قفس			مشخصات قفس	
	X	Y		کل	فعال	غیر فعال	قطر (متر)	ارتفاع (متر)
۱	۵۲.۵۹۷۶۲۵	۳۶.۷۵۴۲۷	جویبار	۲۰	۳	۱۷	۲۲	۹
۲	۵۲.۹۶۱۳۹۸	۳۶.۸۲۳۷۴۷	بابلسر	۴	۴	۰	۲۰	۹
۳	۵۱.۷۸۵۳۴۱	۳۶.۶۴۱۸۷۱	نوشهر	۲	۲	۰	۲۰	۹
۴	۵۱.۵۱۶۲۶۳	۳۶.۷۱۳۳۸۲	نوشهر	۱۶	۶	۱۰	۲۰	۹
۵	۵۱.۲۶۸۹۴۵	۳۶.۷۳۴۸۱۶	تنکابن	۸	۴	۴	۱۶	۸
۶	۵۱.۲۵۱۲۶۳	۳۶.۷۴۱۱۴۶	تنکابن	۱۰	۱۰	۰	۲۰	۹
۷	۵۱.۱۰۰۹۸۸	۳۶.۷۸۰۸۵۸	تنکابن	۴	۰	۴	۲۰	۹
۸	۵۰.۹۶۳۳۳۶	۳۶.۸۴۰۱۴۹	تنکابن	۲	۰	۲	۲۰	۹
۹	۵۰.۶۴۴۱۶۴	۳۶.۹۷۵۹۴۴	رامسر	۶	۰	۶	۲۰	۹

مقادیر معیارهای مورد استفاده شده در مدل آبزی-پروری دریایی

به منظور برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) گونه‌ی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع موجود نیاز است مقادیر معیارهای مورد استفاده در مدل آبزی‌پروری مشخص شود که در جدول۲ این مقادیر ارائه گردیده است.

جدول ۲: معیارهای مورد استفاده و مقادیر آنها در مدل آبزی-پروری دریایی

Table 2: The used criteria and values in marine aquaculture model.

منابع	مقدار برای قزل‌آلا	نام مؤلفه	واحد	معیار
	۰/۲۵	$W_{fb,h,f}$	کیلوگرم	وزن ماهی در شروع سیکل (۱)
	۱	$W_{fe,y,f}$	کیلوگرم	وزن نهایی ماهی
۱. طرح توجیه اقتصادی اخذ شده از اداره کل شیلات مازندران (۱۳۹۵) ۲.مطالعه‌ی چهارچوب اصلی توسعه آبزی‌پروری در قفس-های دریایی در ایران (گزارش شرکت رقا -نروژ،۱۳۸۳)	۰/۰۳۸	α	پارامتر رشد آلفا (۲، ۳)	$g^{(1-\beta)}/dq_{\infty}$
	۰/۶۶۶۷	β	بدون واحد	پارامتر رشد بتا (۲، ۳)
	۱۶	P	هزار تومان	قیمت هر کیلو ماهی در بازار (۱)
	۶۰	C	درصد	کسر هزینه‌ها (۱)
	۸	-	کیلوگرم در هر مترمکعب	تراکم پرورش
	۲۵۰۰۰	nf	-	تعداد ماهی در هر قفس (۱)
	۵	M	درصد	نرخ مرگ و میر طبیعی در هر دوره (۴،۱)
	۸۵	D	درصد	وزن باقیمانده بعد از فرآیند پردازش

دمای سطح آب از سایت http://oceancolor.gsfc.nasa.gov به صورت ماهانه از ماهواره‌ی MODIS سنجنده‌ی Aqua با رزولشن ۴km برای سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ اخذ گردیده و میانگین ماهانه آن‌ها در نظر گرفته شده است. تعداد ماهی در هنگام رهاسازی در هر قفس به تراکم گونه‌ی مورد پرورش بستگی دارد. در مورد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تراکم مناسب ۸ کیلوگرم در هر مترمکعب و متوسط وزن ماهی به هنگام برداشت حدود ۸۰۰ گرم تا ۱ کیلوگرم می‌باشد. تعداد ماهی قزل‌آلای مورد نیاز به هنگام رهاسازی در هر قفس در هر دوره با توجه به حجم هر قفس (۲۵۰۰ متر مکعب) و نیز نرخ مرگ و میر طبیعی هر دوره (۵٪)، تقریباً برابر با ۲۵۰۰۰ عدد محاسبه شده است. (عدد۲۶۲۵۰=۰/۸ ÷ ۲۲۰۰۰kg = (مرگ و میر۱۰٪)، ۲۰۰۰۰kg =۸ ×۲۵۰۰). بنابراین میزان ذخیره‌سازی اولیه حداکثر ۵ تن (۰/۲×۲۶۲۵۰) به‌ازای هر قفس و بطور متوسط تعداد ذخیره‌سازی ۲۵۰۰۰ قطعه ماهی می‌باشد.

سناریوهای مورد بررسی

مدل آبزی‌پروری دریایی برای کل مزارع موجود در سواحل مازندران در دو سناریو اجرا گردید. در سناریوی اول (توسعه) رهاسازی و تولید ماهی با در نظر داشتن اینکه تمام قفس‌های موجود در سواحل مازندران فعال باشند و سناریوی دوم (وضعیت کنونی) بر مبنای تعداد قفس‌های فعال در هر مزرعه می‌باشد. بازه زمانی مشخص به منظور اجرای مدل ۱ سال در

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

نظر گرفته شده است. ظرفیت تولید در هر قفس بر مبنای حجم قفس‌های موجود و نیز مقدار تراکم اعلام شده توسط سازمان شیلات در سال ۹۵ محاسبه شده است. ذکر این نکته ضروری است که این مقدار و حجم تولید واقعی نبوده و بر مبنای ظرفیت اسمی تولیدی در هر قفس می‌باشد.

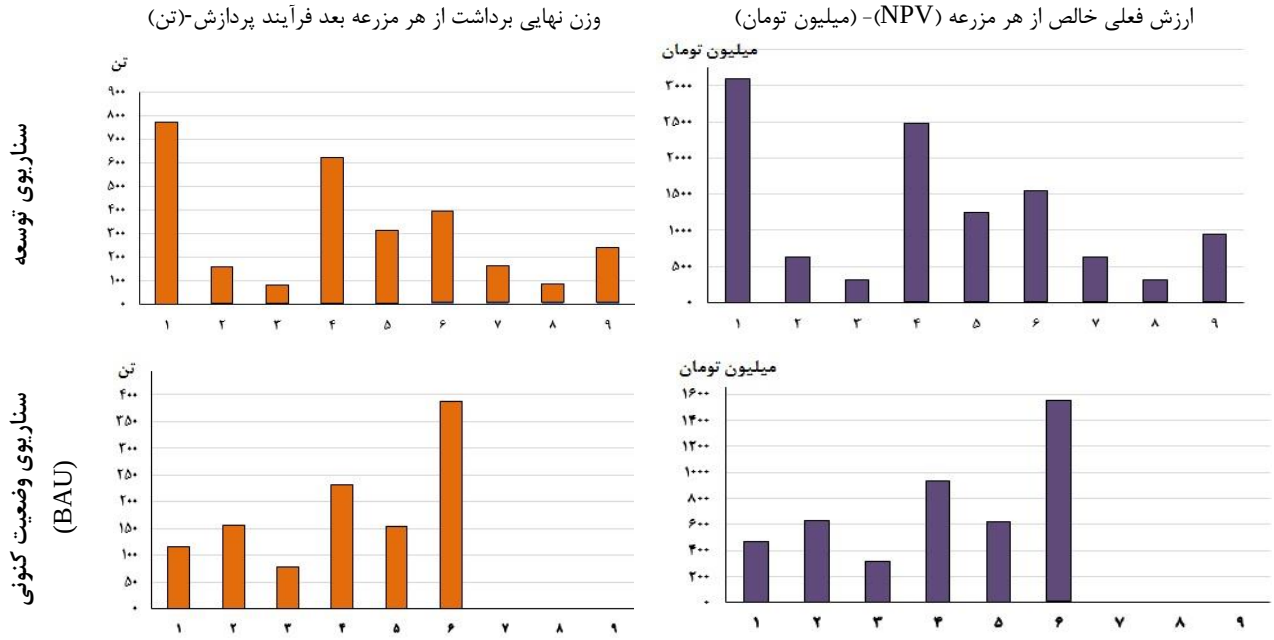
اگرچه پرورش آبزیان تحت تأثیر عوامل محیطی مختلفی است ولی در این مدل دما به عنوان مهمترین عامل، تنها پارامتر محیطی است که در نظر می‌شود (Sharp *et al.*, 2014). بر این اساس به منظور نشان دادن تأثیر آن در میزان تولید و NPV، سه سناریوی دمای مختلف ۱۴، ۱۶و ۱۸ درجه در یک مزرعه‌ی ۲۰۰ تنی پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در نظر گرفته شد. به طور کلی درجه حرارت بهینه برای رشد اقتصادی قزل‌آلا ۱۸-۱۲ درجه سانتی‌گراد بوده و درجه حرارت ۲۰ درجه حداکثر دمایی است که ماهی قزل‌آلا بدون تحمل استرس زیادی به تغذیه و رشد خود ادامه می‌دهد (نفیسی بهابادی، ۱۳۸۹).

نتایج

نتایج حاصل از این مطالعه در چهار بخش ارائه می‌گردد.

برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) از هر مزرعه (بخش اول مدل)

نمودار شکل۲ نتایج خروجی حاصل از اجرای مدل در دو سناریوی ذکر شده در بازه زمانی ۱ سال را نشان می‌دهد. همانطور که گفته شد در بخش اول مدل آبزی‌پروری دریایی، میزان تولید و NPV در هر مزرعه به طور جداگانه محاسبه می‌شود.



شکل ۲: خروجی نهایی حاصل از اجرای مدل آبزی‌پروری دریایی در پایان ۱ سال برای دو سناریوی توسعه و وضعیت کنونی

Figure 2: The final output of marine aquaculture model run at 1 year period for two scenarios of Expansion and current situation and Business as Usual (BAU).

جدول۳ تعداد یک دوره رشد کامل از زمان رهاسازی بچه ماهی تا زمان برداشت در بازه زمانی ۱ سال برای قزل‌آلای-رنگین‌کمان نشان داده شده است. علاوه بر موارد آن میزان تولید و NPV در هر دوره رشد محاسبه شده است و در این جدول ارائه گردیده است.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

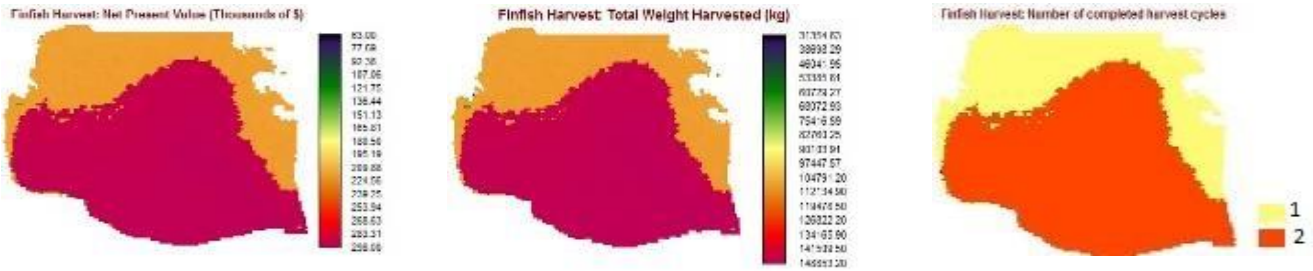
جدول ۳: میزان تولید و NPV در هر دوره رشد در مدت ۱ سال برای گونه قزل‌آلای رنگین کمان در سناریوی توسعه

Table 3: Production and NPV at 1 year period for Rainbow trout species in the Development Scenario

مزرعه	دوره رشد	طول یک دوره	وزن خالص برداشت شده (تن)	ارزش فعلی خالص (NPV) میلیون تومان	مزرعه	دوره رشد	طول یک دوره	وزن خالص برداشت شده (تن)	ارزش فعلی خالص (NPV) میلیون تومان
۱	۱	۱۴۶	۳۸۰	۱۵۲۰	۴	۱	۱۴۷	۳۰۶	۱۲۲۴
۱	۲	۱۱۴	۳۹۰	۱۵۶۰	۴	۲	۱۱۴	۳۱۴	۱۲۵۸
۲	۱	۱۴۷	۸۰	۳۰۴	۵	۱	۱۴۰	۱۵۲	۶۰۸
۲	۲	۱۱۸	۸۰	۳۱۸	۵	۲	۱۱۰	۱۵۷	۶۲۸
۳	۱	۱۴۷	۳۸	۱۵۳	۶	۱	۱۴۷	۱۹۰	۷۶۱
۳	۲	۱۱۳	۴۰	۱۶۰	۶	۲	۱۱۲	۱۹۶	۷۸۶

برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) قزل-آلای رنگین‌کمان در کل منطقه مورد مطالعه (بخش دوم مدل)

شکل۳ نتیجه اجرای بخش دوم مدل آبزی‌پروری دریایی به منظور تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان در بازه زمانی۱ سال در کل منطقه مورد مطالعه است. در این بخش، دما به صورت تصویری پیوسته (رستری) وارد مدل می‌شود بر این اساس پتانسیل تولید در هر پیکسل محاسبه می‌گردد (فرض بر این است که هر پیکسل به عنوان یک قفس پرورش می‌باشد و مقدار ماهی در هر پیکسل برابر با مقدار ماهی مورد نیاز در یک قفس در نظر گرفته می‌شود).



(ج) (ب) (الف)

شکل۳: برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) قزل‌آلای رنگین کمان در بخش دوم مدل، الف) تعداد دوره رشد، ب) وزن خالص برداشت، د) ارزش فعلی خالص (NPV)

Figure 3: Production and NPV at 1 year period for Rainbow trout species in the second part of the model. A) The number of cycles , B) Harvested Weight (kg), C) Net Present Value (NPV)

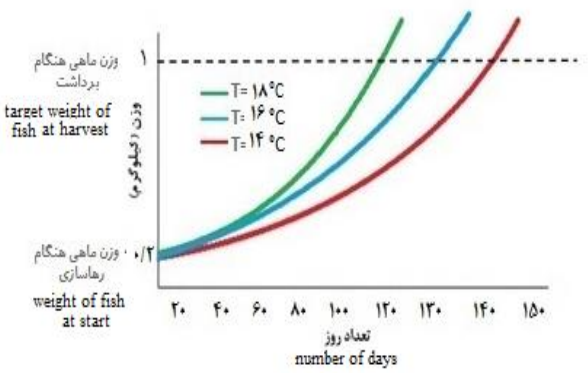
[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

تأثیر دما بر روی میزان تولید و NPV در هر مزرعه

نمودار شکل۴ تأثیر تغییرات سه دمای مختلف را بر میزان تولید و NPV در یک مزرعه با ظرفیت تولید ۲۰۰ تن (چهار قفس فعال) برای گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان (مزرعه۷-تنکابن) را نشان می‌دهد همچنین میزان تولید و NPV در جدول ۴ برای هر سه دمای ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد محاسبه گردیده و ارائه شده است.

نتایج حاصل از اجرای آنالیز حساسیت

نتایج آنالیز حساسیت مدل که با استفاده از روش مونت‌کارلو انجام شده است، برای هر مزرعه به صورت جداگانه به صورت نمودار مشخص می‌شود. شکل۴ نتایج آنالیز حساسیت برای مزرعه شماره‌ی ۷ واقع در سواحل تنکابن برای سناریوی توسعه و گونه‌ی ماهی قزل‌آلا نمایش می‌دهد.



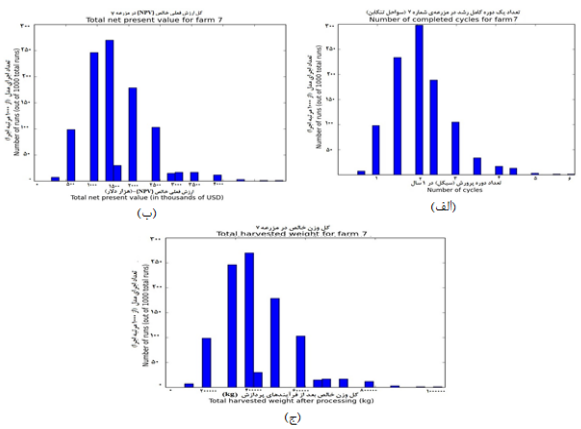
شکل۴: نمودار تأثیر افزایش درجه حرارت بر روی رشد ماهی

Figure 4: Impact of rising temperature on fish growth

جدول۴: تأثیر تغییرات دما در میزان تولید و NPV در یک مزرعه با ظرفیت تولید ۲۰۰ تن (قزل‌آلای رنگین کمان) در یک سیکل رشد

Table The effect of temperature changes in the production and NPV on a farm with a production capacity of 200 tons (Rainbow trout) in a cycle.

NPV (هزار تومان)	وزن نهایی برداشت (کیلوگرم)	طول یک سیکل رشد (روز)	دما (درجه)
۳۰۳۶۸۸	۷۵۹۲۲	۱۴۲	۱۴
۳۰۵۸۴۸	۷۶۴۶۲	۱۲۴	۱۶
۳۱۰۵۶۴	۷۷۶۴۱	۱۱۰	۱۸



شکل ۵: نتایج آنالیز حساسیت برای مزرعه شماره‌ی ۷ (سناریوی توسعه- ماهی قزل‌آلا)

Figure 5: Sensitivity analysis for farm 7 (Expansion scenario -Rainbow trout)

بحث

پرورش در قفس یکی از روش‌های متداول آبزی‌پروری دریایی می‌باشد که در سال‌های اخیر با توجه به مزایای خاص خود مورد توجه اکثر کشورهای دنیا واقع گردیده است. استفاده از مدل‌سازی خدمات اکوسیستم دریایی از جمله مدل آبزی-پروری دریایی یکی از ابزارهای مهم به منظور برآورد تولیدات و ارزش‌گذاری اقتصادی اینگونه از خدمات می‌باشد.

مدل آبزی‌پروری دریایی برای هر ۹ سایت موجود در سواحل مازندران اجرا گردید. همانطور که در نمودار شکل۲ مشخص است در سناریوی توسعه بیشترین حجم تولید را مزرعه‌ی شماره ۱ در سواحل جویبار با تعداد ۲۰ قفس دارا می‌باشد. میزان تولید در مدت ۱ سال، ۷۷۲ تن طی دو دوره برداشت با NPV ۳۰۸۹ میلیون تومان برآورد شده است. در این سناریو کمترین میزان تولید را مزرعه ۳ (نوشهر) و ۸ (تنکابن) دارا می‌باشد که این میزان ۷۸ و ۷۷ تن با میزان NPV ۳۱۴ و ۳۱۱ میلیون تومان برآورد گردیده است. در سناریوی وضعیت حال حاضر، مزرعه شماره ۶ در سواحل تنکابن با ۱۰ قفس فعال، بیشترین حجم تولید را داشته و مقدار آن ۳۸۷ تن با میزان NPV ۱۵۴۸ میلیون تومان برآورد شده است و کمترین میزان تولید را مزرعه شماره‌ی ۳ با ۲ قفس فعال در سواحل نوشهر با ۷۸ تن و NPV برابر با ۳۱۴ میلیون تومان می‌باشد. مزارع ۷، ۸ و ۹ در سواحل تنکابن و رامسر هم‌اکنون غیرفعال می‌باشند.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

به منظور اطمینان از نتایج محاسبات حاصل از مدل‌سازی، مقایسه‌ای بین نتایج به دست آمده حاصل از مدل‌سازی برای مزرعه شماره ۷ واقع در سواحل تنکابن (کلارآباد) با مقدار تولید واقعی در این مزرعه انجام شد. طی بازدید میدانی که در تاریخ ۱۳۹۴/۲/۲۵ از این مزرعه صورت گرفت مشخص گردید که این سایت دارای ۴ قفس فعال می‌باشد که به طور کلی قزل‌آلای رنگین کمان تولید و پرورش می‌دهد. مقدار وزن ماهی در هنگام رهاسازی بین ۵۵ تا ۳۵۰ گرم و مقدار وزن قابل برداشت با توجه به هدف پرورش دهنده بین ۵۰۰ گرم تا ۱ کیلوگرم متفاوت می‌باشد. با توجه به حجم هر قفس و تراکم مناسب برای گونه‌ی قزل آلا از مجموع ۴ قفس ۱۶۰ تن برداشت خالص داشته و مقدار NPV این میزان تولید حدود ۴۰۰-۵۰۰ میلیون تومان در یک سال یعنی در دو سیکل رشد می‌باشد. طبق جدول ۳ محاسبات انجام شده در زمینه برآورد و مدل‌سازی تولیدات در این سایت نشان می‌دهد که در هر سال برای تولید قزل‌آلا ۲ سیکل رشد خواهیم داشت و در هر دوره‌ی رشد ۷۵ تا ۸۰ تن تولید خالص داشته که مقدار NPV حاصل از آن ۳۰۰ میلیون تومان در هر دوره و حدود ۶۰۰ میلیون تومان در یک سال برآورد گردیده است و این نشان می‌دهد که مدل معرفی شده با نتایج واقعی مقدار تولیدات تقریباً یکسان است.

سناریوی توسعه نشان می‌دهد که در صورت فعال بودن تمام قفس‌های موجود در سواحل مازندران و استفاده از حداکثر پتانسیل هر قفس طبق میزان تراکم مناسب برای هر گونه می‌توان میزان تولید را به حدود ۱۶۶۵ تن افزایش داد که سود حاصل از این افزایش چیزی حدود ۶۶۶۰ میلیون تومان در طول مدت ۱ سال خواهد بود.

همانطور که در جدول ۳ مشخص است در پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان با توجه به دما و نیز پارامترهای رشد وارد شده در مدل، هر سال در یک مزرعه ۲ سیکل یا دوره برداشت خواهیم داشت. طول هر دوره رشد (مدت زمان لازم از زمان رهاسازی بچه ماهی قزل‌آلا تا رسیدن به وزن نهایی مورد نظر (۱ کیلوگرم) نیز محاسبه شده است. مدت زمان یک دوره با توجه به تفاوت دما در طول سال متفاوت است که معمولا اولین دوره رشد با توجه به دمای کمتر در پاییز و زمستان طولانی‌تر خواهد بود. به طور مثال در مزرعه ۱ در اولین دوره رشد از زمان رهاسازی (آبان ماه) تا رسیدن به وزن نهایی برداشت ۱۴۶ روز زمان لازم است. پس از آن دوره دوم رهاسازی (اواخر اسفند ماه) انجام می‌شود که دمای آب گرم‌تر شده و بنابراین طول مدت یک دوره رشد کوتاه‌تر و ماهیان به دلیل افزایش نرخ متابولیسم زودتر به وزن نهایی برداشت خواهند رسید. این دوره برای سیکل دوم در مزرعه۱ حدود ۱۱۴ روز محاسبه شده است.

شکل۳ نشان‌دهنده‌ی اجرای مدل در بخش دوم می‌باشد. شکل۳-(الف) نشان دهنده‌ی تعداد دوره رشد در هر پیکسل است. مناطق قرمز رنگ به علت میزان دمای بیشتر، دوره‌های رشد کوتاه‌تری داشته و در نتیجه می‌توانند در یک سال دو دوره رشد کامل داشته باشند ولی مناطق زرد رنگ به علت دارا بودن دمای کمتر، دوره رشد طولانی‌تر و بنابراین در یک سال کمتر از دو سیکل رشد دارند. شکل (ب) و (ج) به ترتیب نشان‌دهنده‌ی میزان تولید (کیلوگرم) و ارزش فعلی خالص (هزار دلار) در هر پیکسل (۴ km) در بازه زمانی ۱ سال خواهد بود. میزان تولید و NPV در مناطق قرمز رنگ در هر پیکسل ۱۵۰ تن به ارزش ۶۰۰ میلیون تومان و مناطق زرد رنگ در هر پیکسل ۷۵ تن به ارزش ۳۰۰ میلیون تومان محاسبه شده است. .

به منظور بررسی تأثیر دما بر میزان تولیدات و میزان NPV، مدل آبزی‌پروری دریایی با سه دمای متفاوت (۱۴، ۱۶، ۱۸ درجه سانتیگراد) اجرا گردید. طبق نتایج به دست آمده در نمودار شکل ۴ با افزایش دما تا رسیدن به نقطه دمای بهینه برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (۱۶-۱۸ درجه)، طول دوره رشد کوتاه‌تر خواهد شد. به صورتی که در دمای ۱۴ درجه طول یک سیکل رشد برابر با ۱۴۲ روز، در دمای ۱۶ درجه ۱۲۴ روز و در دمای ۱۸ درجه برابر با ۱۱۰ روز محاسبه شده است. نتایج جدول۳ نیز نتیجه‌ای مشابه این بخش را نشان می‌دهد. در جدول۳ طول مدت زمان دوره دوم رشد با توجه به افزایش دمای سطح آب در بهار کوتاه‌تر شده است علاوه بر آن از آنجایی که در دمای آب از سمت شرق به غرب در سواحل خزر جنوبی کاهش می‌یابد. مزارع موجود در غرب دوره رشد طولانی‌تری را نشان می‌دهند مطالعات زیادی در زمینه‌ی تأثیر دما بر میزان رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شده است. در مطالعه‌ی Stigebrandt (۱۹۹۹) تأثیر دماهای مختلف ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ درجه بر میزان نرخ رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که با افزایش دما نرخ

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

رشد نیز افزایش می‌یابد. مطالعات Boyd و همکاران (۲۰۱۰) و نفیسی بهابادی (۱۳۸۹) نیز این مورد را تأیید می‌کند.

نتایج جدول۴ نیز نشان می‌دهد که در دمای ۱۴ درجه سانتیگراد میزان تولید ماهی قزل‌آلا در یک سیکل رشد با ۷۵۹۲۲ کیلوگرم و NPV حاصل ۳۰۳ میلیون تومان برآورد شده است. این در حالی است که با افزایش ۲ درجه دما میزان تولید ۷۶۴۶۲ کیلوگرم و NPV ۳۰۵۸۴۸ هزار تومان افزایش می‌یابد و نیز با افزایش ۴ درجه میزان تولید و NPV برابر با ۷۷۶۴۱ کیلوگرم و ۳۱۰۵۶۴ هزار تومان به دست آمده است. دلیل اینکه در دوره‌های رشد کوتاه‌تر میزان تولید بیشتر خواهد بود می‌توان به نرخ مرگ و میر روزانه ماهی اشاره کرد. که با کاهش دوره رشد تعداد کمتری ماهی به دلیل مرگ و میر روزانه از دست خواهند رفت.

در پایان همانطور که بیان گردید به منظور آنالیز حساسیت از نتایج مدل، از نرم‌افزار InVEST با روش مونت‌کارلو استفاده گردید که نتایج خروجی این آنالیز برای مزرعه‌ی ۷ (سواحل تنکابن) به منظور پرورش قزل‌آلا در سه نمودار شکل ۵ نمایش داده شده است. محور عمودی در هر نمودار تعداد تکرارها و محور افقی تعداد دوره رشد، میزان تولید و ارزش فعلی خالص(NPV) می‌باشد. نمودار (الف) نشان می‌دهد که تعداد سیکل در مزرعه ۷ (تنکابن) ۲ عدد می‌باشد چراکه بیشترین احتمال وقوع از تکرار ۱۰۰۰ بار شبیه‌سازی را به خود اختصاص می‌دهد. میزان تولید در نمودار (ب) مقدار ۳۰۰-۴۰۰ تن و در نمودار (ج) NPV با مقدار ۱۵۰۰ هزار دلار دارای بیشترین تکرار بوده است که این مقادیر با خروجی نهایی از اجرای مدل متناسب بوده است. بنابراین عدم قطعیت در پارامترهای رشد (آلفا و بتا) نتیجه نهایی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد.

مدل آبزی‌پروری دریایی برای کل مزارع آبزی‌پروری موجود در سواحل مازندران اجرا شد و رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با توجه به دمای آب، نرخ متابولیسم و نرخ مرگ و میر روزانه ماهیان، رشد هر ماهی تا رسیدن به وزن نهایی مدل‌سازی شد و میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) برای هر مزرعه محاسبه گردید. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می‌دهد که در صورت فعال بودن تمام قفس‌ها ۲۷۸۶ تن قزل‌آلای رنگین‌کمان با میزان NPV ۱۱۱۵۸ میلیون تومان در کل سواحل مازندران برداشت خواهد شد.

مزیت اصلی مدل آبزی‌پروری دریایی نسبت به روش‌های دستی و محاسباتی در برآورد تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) از هر مزرعه این است که رشد ماهی در این مدل با توجه به پارامترهای محیطی (دما) و ژنتیکی (پارامترهای رشد) به طور روزانه مدل‌سازی می‌شود بنابراین نتایج حاصل از اجرای این مدل، نتایجی دقیق‌تر و با میزان خطای کمتر خواهد بود.

مدل آبزی‌پروری مورد استفاده توسط Guerry و همکاران (۲۰۱۲و ۲۰۱۳) در مزارع آبزی‌پروری پرورش نرم‌تنان صدف-دار (shellfish) و پرورش ماهی آزاد اطلس مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین از مدل آبزی‌پروری دریایی برای محاسبه-ی تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) انواع آبزیان از جمله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز می‌توان استفاده نمود. علاوه بر آن در این مطالعات به غیر از برآورد میزان تولید و NPV از طریق مدل آبزی‌پروری دریایی، با استفاده از سایر مدل‌های خدمات اکوسیستم به مدل‌سازی کیفیت آب و کیفیت زیستگاه، به منظور ارزیابی اثرات هر مزرعه آبزی‌پروری بر روی اکوسیستم دریایی پرداخته شده است که لازم است در مطالعات آینده این دو مدل نیز برای ارزیابی تعادل اکوسیستم مورد بررسی قرار گیرند. چراکه افزایش تولید و بهره‌برداری آبزیان در اکوسیستم‌های دریایی و ساحلی بدون در نظر گرفتن ارتباط و تعادل آن با سایر بخش‌ها و خدمات اکوسیستم موجب ارزیابی غلط از هزینه و سود واقعی این خدمات به محیط‌زیست و جامعه می‌شود و در آینده اثرات منفی به همراه خواهد داشت (Guerry و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین ضروری است که به غیر از ارزیابی اقتصادی و برآورد تولید به وسیله‌ی مدل آبزی‌پروری دریایی سایر خدمات اکوسیستم نیز در نظر گرفته شود.

هدف اصلی از این مطالعه معرفی کاربردی مدل خدمات اکوسیستم آبزی‌پروری دریایی به منظور برآورد میزان تولید و NPV مزارع آبزی‌پروری دریایی است و هیچ‌گونه تأییدی به پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در سواحل جنوبی دریای خزر نداشته است و تنها بر اساس تولید و پرورش این گونه در حال حاضر به ارزیابی اقتصادی و برآورد NPV حاصل از آن پرداخته است. بنابراین لازم و ضروری است که به مطالعه‌ی دقیق و جامع انواع آلودگی‌های ناشی از پرورش این گونه‌ی

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

غیر بومی از جمله پساب‌ها، بیماری‌ها و ویروس‌های حاصل از آن طی مطالعات آتی پرداخته شود.

گزارش توجیه اقتصادی

جدول ۶: (گزارش توجیهی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در مزرعه‌ای ۲۰۰ تنی)

	شرح		هزینه (هزارتومان)
مجموعه هزینه‌های جاری طرح	هزینه های پرسنلی		۱۴۰۴۰۰
	*بچه ماهی و خوراک ماهی		۲۱۸۷۵۰۰
	هزینه های سوخت و انرژی		۷۵۶۰
	هزینه تعمیرات		۱۹۵۹۰۰
	جمع کل		۱۰۶۲۵۰۰

*شرح	وزن و تعداد	واحد	مشخصات فنی	ارزش واحد	ارزش کل(هزارتومان)
غذای ماهی	۳۰۰	تن	غذای خارجی	۲۵۰۰	۷۵۰۰۰۰
بچه ماهی	۲۵۰۰۰۰	قطعه	دوپست گرمی	۱۲۵۰	۳۱۲۵۰۰

	شرح	هزینه(هزارتومان)
مجموعه هزینه‌های ثابت طرح	زمین (۱۰۰۰ مترمربع)	۱۰۰۰۰۰
	ساختمان و قفس مورد نیاز	۵۸۳۰۰۰
	دستگاه و یرق مورد نیاز	۲۰۳۰۰
	ماشین آلات و تجهیزات	۵۹۵۵۰
	قبل از بهره برداری	۱۵۰۰۰
	سود دوران مشارکت	۳۵۰۰۰
	جمع کل	۸۱۲۸۵۰

سرمایه‌گذاری ثابت	۸۱۲۸۵۰	میانگین مازاد نقدی عملیات		۲۰۱۲۸۵۰۰
سرمایه در گردش	۱۰۶۲۵۰۰	*توجیه اقتصادی طرح		٪ ۵۸
کل سرمایه‌گذاری	۱۸۷۵۳۵۰	*دوره بازگشت سرمایه		۱/۶سال

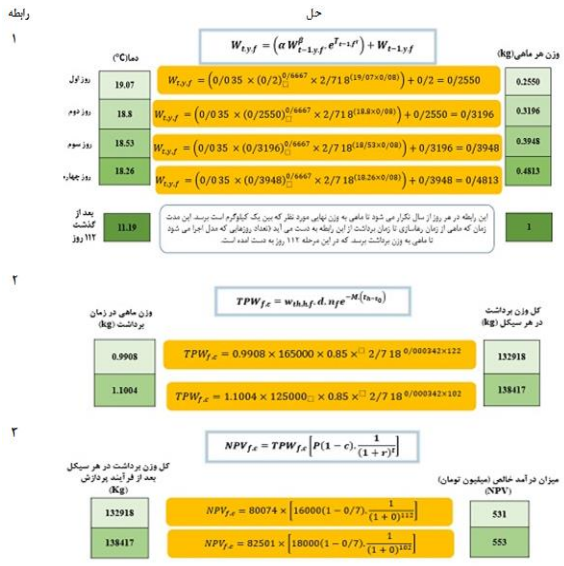
*۱۰۰ کل سرمایه گذاری / مازاد نقدی عملیات=توجیه اقتصادی طرح

مازاد نقدی عملیات /کل سرمایه گذاری =دوره بازگشت سرمایه

منبع: اداره کل شیلات مازندران، ۱۳۹۵

حل روابط استفاده شده

جدول ۷: نمونه‌ای از نحوه‌ی حل روابط موجود در مدل آبزی‌پروری دریایی



تشکر و قدردانی

نگارش حاضر بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه محیط‌زیست دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد (کد ایران داک: ۱۲۴۲۳۳۳) که بدین وسیله از تمامی مسئولان دانشکده‌ی منابع‌طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت‌مدرس و مدیریت محترم اداره کل شیلات مازندران و همچنین جناب آقای مهندس جعفری که نهایت همکاری‌های لازم جهت پیشبرد این مطالعه را مبذول داشتند، کمال سپاس و قدردانی را داریم.

منابع

شهرستانی، ح.، ۱۳۹۳. سازماندهی و مدیریت مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم، شماره ۴۵، صفحات ۳۷-۴۱.

دانه‌کار، ا.، شریفی پور، ر. و رزمجوی، س.، ۱۳۹۱. ارزیابی حساسیت فیزیکی نوار ساحلی استان مازندران بر اساس شاخص حساسیت زیست محیطی (ESI). دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی۲، صفحات ۲۹-۴۰.

غیاث، م.، ۱۳۹۵. مقدمه‌ای بر روش شبیه‌سازی مونت کارلو، فصلنامه علمی- ترویجی، بسپارش، شماره ۱، صفحات ۶۷-۷۷.

مطالعه چهارچوب اصلی توسعه آبزی‌پروری در قفس-های دریایی در ایران.، ۱۳۸۳. گزارش شرکت رفا - نروژ، ترجمه: واحد تحقیق و پژوهش شرکت مهندسی مشاور سازآب‌پردازان، واحد انتشارات شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان، جلد اول و جلد دوم، ۴۳۳ صفحه.

میگلی‌نژاد، ا.، ۱۳۹۱. شیلات و آبزیان کشور چالش‌ها و پتانسیل‌ها، مرکز تحقیقات استراتژیک، معاونت پژوهش های اقتصادی، گزارش راهبردی۱۵۱،۱۳-۹۱-۸-۰۴، ۲۶صفحه.

نفیسی بهابادی، م.، ۱۳۸۹. راهنمای عملی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، دانشگاه هرمزگان، ویرایش دوم، ۳۶۵صفحه.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

B E.B., 2012. Progress and challenges in valuing coastal and marine ecosystem services. Review of Environmental Economics and Policy, 6(1): pp: 1-19. 10.1093/reep/rer017.

Beveridge, M., 2008. Cage aquaculture (Vol. 5), 3rd Edition. John Wiley and Sons, 380 pages, ISBN: 978-1-4051-0842-3.

Boyd, J. and Banzhaf, S., 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecological Economics, 63(2) :616-626, 10.1016/j.ecolecon.2007.01.002.

Boyd, J.W., Guy, C.S., Horton, T.B. and Leathe, S.A., 2010. Effects of catch-and-release angling on salmonids at elevated water temperatures. North American Journal of Fisheries Management, 30(4): 898-907, 10.1577/M09-107.1.

Eastman, J.R., 2015. TerrSet Manual System. Accessed in TerrSet [18.10]. Worcester, MA: Clark University.

FAO, 2014. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.1020-5489, 10.1109/TGRS.2008.2002076.

Guerry, A.D., Ruckelshaus, M.H., Arkema, K.K., Bernhardt, J.R., Guannel, G., Kim, C.K., Marsik, M., Papenfus, M., Toft, J.E., Verutes, G. and Wood, S.A., 2012. Modeling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management, 8(1-2): 107-121. 10.1080/21513732.2011.647835.

Guerry, A.D., Ruckelshaus, M.H., Plummer M.L. and Holland, D., 2013. Modeling Marine Ecosystem Services, Encyclopedia of Biodiversity, 5: 329-346. 10.1016/B978-0-12-384719-5.00333-6.

Mohseni, M., Ozorio, R.O.A., Pourkazemi, M. and Bai, S.C., 2008. Effects of dietary l-carnitine supplements on growth and body composition in beluga sturgeon (Huso huso) juveniles. Journal of Applied Ichthyology, 24(6): 646-649. 10.1111/j.1439-0426.2008.01121.x.

Moradyan, H., Karimi, H., Gandomkar, H.A., Sahraeian, M.R., Ertefaat, S. and Sahafi, H.H., 2012. The effect of stocking density on growth parameters and survival rate of rainbow trout alevins (Oncorhynchus mykiss). World Journal of Fish and Marine Sciences, 4(5): 480-485. 10.5829/idosi.wjfms.2012.04.05.64143.

Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H. and Ricketts, T. 2014. InVEST3.1.0 User's Guide. http://www.naturalcapitalproject.org/download.html.

Stigebrandt, A., 1999. MOM (monitoring - Ongrowing fish farms - Modelling): turnover of energy and matter by fish: a general model with application to salmon, Fisken and Havet No. 5, Institute of Marine Research, Norway. 26 P. 10.1175/1520-0485(1999)029<0191:RTBTFI>2.0.CO;2.

Valentini, E., Filipponi, F., Nguyen Xuan, A. and Taramelli, A., 2016. August. Marine food provision ecosystem services assessment using EO products. In Proceedings of ESA Living Planet Symposium, 10.3390/su8060519. 7P.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

Applied introduction of ecosystem service modeling of marine aquaculture: Approach for estimation of production and net present value (NPV)

Haghshenas E.[1]; Gholamalifard M.[1*]; Mahmoudi N.[2]

[*] m.gholamalifard@modares.ac.ir

1- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University (T.M.U.), Noor, Iran
2- Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.14.1]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110336]

Abstract

Marine and coastal ecosystems have many benefits and different services for humans that marine aquaculture is one of the most important of these services. Southern coast of Caspian Sea particularly Mazandaran coast have great potential for development of marine aquaculture. Now, there are 9 fish farms with different production capacities in Mazandaran coast. In this study, the growth of specie of fish Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) was modeled using the marine aquaculture model based on daily temperature, rate of metabolism and mortality rate. Finally calculated the harvest weight and net present value (Net Present Value: NPV) for this this specie in each farm was calculated by considering two scenarios: 1) Development and 2) BAU (Business as Usual) that in each scenario equal to 2786 and 1121 tons with the NPV 11158 and 15788 million toman in total mazandaran coast during 1 years. So production of Rainbow trout is more economic. Results show that growth cycle fom the release (200 g) to harvest for Rainbow trout and is 2 cycle in 1 year. Also, duration of growth cycle decreases when temperature increases such that at 14, 16 and 18 degrees Celsius was142, 124 and 110 days, respectively. Since aquaculture farms on the Mazandaran coast had been grownd mostly Rainbow trout so this study is evaluated the production and NPV for this specie. Rainbow trout is a non-native specie in South Caspianso so is necessary that be studied effects and consequences of production the specie in this area.

Keywords: Ecosystem services, Marine aquaculture model, Net present value (NPV), Rainbow trout, Mazandaran coasts.

*Corresponding author