

معرفی کاربردی مدل سازی خدمات اکوسیستمی آبرزی پروری دریایی: راهکاری

برای برآورد تولید و ارزش فعلی خالص (NPV)

الهام حق شناس^۱، مهدی غلامعلی فرد^{۱*}، نعمت الله محمودی^۲

۱-گروه محیط زیست، 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

اکوسیستم های دریایی و ساحلی فراهم کننده ی مزایا و خدمات مختلفی برای انسان هستند که آبرزی پروری دریایی به عنوان یکی از مهم ترین این خدمات به شمار می رود. سواحل جنوبی دریای خزر به ویژه سواحل مازندران از پتانسیل مناسبی جهت توسعه ی آبرزی پروری دریایی برخوردار است. هم اکنون ۹ مزرعه پرورش ماهی در سواحل مازندران با ظرفیت های تولید مختلف درحال بهره برداری و یا دارای مجوز به منظور بهره برداری است. در این مطالعه با استفاده از مدل آبرزی پروری دریایی، رشد ماهی قزل آلا ی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با توجه به دمای روزانه، نرخ متابولیسم و نرخ مرگ و میر طبیعی مدل سازی 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 قفس های موجود در مدت ۱ سال برآورد شد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می دهد، دوره رشد کامل از زمان رهاسازی (۲۰۰ گرم) تا برداشت ۲ دوره در هر سال می باشد. طول دوره ی رشد نیز با افزایش دما کاهش می یابد به صورتی که در دمای ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درجه سانتی گراد به ترتیب ۱۴۲، ۱۲۴ و ۱۱۰ روز می باشد. از آنجایی که در مزارع آبرزی پروری موجود در سواحل مازندران اکثراً گونه ی قزل آلا ی رنگین کمان پرورش می یابد؛ مطالعه ی حاضر به برآورد میزان تولید و NPV این گونه پرداخته است. این گونه به علت غیربومی بودن در دریای خزر خطرات محیط زیستی 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 آبرزی پروری دریایی، ارزش فعلی خالص (NPV)، قزل آلا ی رنگین کمان، سواحل مازندران

* نویسنده مسئول

مقدمه

اکوسیستم های ساحلی یکی از غنی ترین اکوسیستم ها 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، آبی پروری و تولید انرژی برق از امواج)، فرهنگی (Cultural services) (گردشگری ساحلی) و حمایتی (Supporting services) (منابع عظیم تنوع ژنتیکی- اکولوژیکی و وجود چرخه های زیستی در آن) طبقه بندی شده است (Guerry et al., 2013).

در دهه های اخیر، استفاده از برنامه های کاربردی به منظور ارزیابی و ارزش گذاری اقتصادی این خدمات افزایش یافته است که از جمله آن ها می توان به ابزارهای فنی کاربردی (Multiscale Integrated Models of Ecosystem Integrated Valuation of MIMES (Services InVEST (Ecosystem Services and Tradeoffs Artificial Intelligence for Ecosystem Service) و ARIES (Service اشاره کرد. آبی پروری دریایی به عنوان یکی از مهم ترین خدمات اکوسیستم دریایی و ساحلی (Marine and Coastal Ecosystem Services) به شمار می رود که به راحتی ارزش گذاری می شود و نقش اساسی در رفاه انسان دارد (Barbier, 2012).

آبی پروری دریایی (Marine Aquaculture) در واقع کشت انواع آبزیان از جمله ماهیان پرورشی در اکوسیستم های دریایی و ساحلی تعریف می شود. 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 نمی توان به شیوه های کنونی، ذخائر دریاها را بیش از این برای تأمین غذا تحت فشار قرار داد بنابراین آبی پروری دریایی می تواند 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 داشته اند و ایران نیز دارای ظرفیت مناسبی جهت رشد و توسعه این صنعت می باشد (گزارش شرکت رفا- نروژ، ۱۳۸۳).

از جمله ضرورت های آبی پروری دریایی در ایران می توان به موارد زیر اشاره کرد؛ ۱) سرانه ی 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 آب های شیرین داخلی کشور نیز دارای محدودیت بوده است چرا که ایران با متوسط بارندگی حدود ۲۴۰ میلی متر (متوسط جهانی ۸۵۰ میلی متر) و میانگین تبخیر سالانه برابر با ۲۱۰۰ میلی متر (متوسط جهانی ۷۰۰ میلی متر) جزو کشورهای خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می گردد (شهرستانی، ۱۳۹۳). ۳) وجود سواحل گسترده با پتانسیل مناسب در شمال و جنوب کشور زمینه را برای گسترش آبی پروری دریایی فراهم می آورد (میگلی نژاد، ۱۳۹۱). از دیگر مزایای آبی پروری دریایی می توان به افزایش تولید آبزیان در کشور، کاهش فشار صید بر ذخایر آبزیان و فرصت احیای مجدد به آن ها، 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 (دانه کار و همکاران، ۱۳۹۱) جهت سرمایه گذاری و بهره برداری های صنعت آبی پروری مورد توجه سازمان شیلات ایران همچنین بخش خصوصی می باشد. براساس بررسی انجام شده توسط شرکت رفا (نروژ) در سال ۱۳۸۳ با عنوان "مطالعه چهارچوب اصلی توسعه آبی پروری در قفس های 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 هم اکنون 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 در حال بهره برداری است. که در اکثر این مزارع گونه قزل آلا ی رنگین کمان پرورش داده می شود (اداره کل شیلات مازندران، ۱۳۹۵).

قزل آلا ی رنگین کمان از خانواده آزاد ماهیان و گونه ای مناسب برای پرورش به شمار می رود، چرا که از سرعت رشد مناسبی برخوردار است و به راحتی از غذاهای دستی استفاده می کنند و در بین سایر گونه ها بیشترین بازپسندی را دارد

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 Guerrey و همکاران (۲۰۱۲) در Lemmens Inlet (کانادا، جزایر ونکوور) اشاره کرد. در این مطالعه ۴ نوع از خدمات اکوسیستم دریایی و ساحلی از جمله آبی‌پروری (پرورش نرم‌تنان صدف‌دار)، گردشگری دریایی، کیفیت آب و کیفیت زیستگاه تحت سناریوهای مدیریتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق در مورد مدل آبی‌پروری 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 Guerrey 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 آبی‌پروری 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 آبی‌پروری 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 آبی‌پروری دریایی (Marine Aquaculture Model)

مدل آبی‌پروری 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 (Sharp et al., 201; Eastman, 2015). 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 آمونیم 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)

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

در این رابطه؛ W نشان دهنده وزن ماهی (kg) در زمان t (روز)، سال y و مزرعه f می باشد. α و β پارامترهای رشد هستند که در فرآیند مدل سازی هر دو ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می شوند. 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 $0/6667$ می باشد. T نشان دهندهی دمای آب ($^{\circ}C$) است. بر اساس مطالعهی Stigebrand و همکاران در سال ۱۹۹۹ و نیز Sharp و همکاران در سال ۲۰۱۴ با افزایش نرخ متابولیسم در آزاد ماهیان به ازای افزایش دمای ۸ تا ۹ درجه سانتیگراد $0/08$ در نظر گرفته می شود. در واقع τ معکوس دما است $(1/e)$. بنابراین وقتی دما به میزان $(1/\tau)$ افزایش یابد، متابولیسم و رشد ماهی نیز به میزان $e^{(\tau \times T)}$ افزایش می یابد ($e=2/718$).

در مدل آبی پروری دریایی، بخشی به عنوان آنالیز حساسیت مدل با استفاده از روش مونت کارلو طراحی شده است (Sharp et al., 2014). از روش مونت کارلو در شبیه سازی پدیده هایی استفاده می شود که دارای پارامترهای قطعی و غیرقطعی (احتمالی) بوده و ارتباط مشخصی بین پدیده ها 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 می شوند که تأثیر عدم قطعیت این دو بر نتیجه خروجی مشخص می شود. این آنالیز با تکرار فرآیند مذکور نتیجه کلی مجموعه را به صورت تابعی احتمالی (بیشترین احتمال وقوع) بیان می کند. برای اجرای این روش، انحراف معیار از α را $0/05$ و انحراف معیار از پارامتر β را $0/05$ با 1000 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 هم زمان به وزن قابل برداشت خواهند رسید. وزن کل ماهیان تولید شده از هر مزرعه با استفاده از رابطه ی ۲ محاسبه می شود.

(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 دوره ی رشد (C)، $W_{th,h,f}$ وزن نهایی یک ماهی به هنگام برداشت، n_f تعداد ماهی رهاسازی شده در هر مزرعه (f) می باشد. d کسری از وزن ماهی است که بعد از فرآیندهای پردازش (سرزنی و خروج امعا و احشاء) باقی می ماند. $e^{-M \times (t_h - t_0)}$ نرخ مرگ و میر طبیعی ماهی که به صورت نمایی و منفی در نظر گرفته شده است و نشان دهندهی این است که با افزایش سن ماهی، مرگ و میر طبیعی کاهش می یابد. مدت زمان ($t_h - t_0$) یک دوره رشد می باشد که در رابطه ۱ برای رسیدن وزن اولیه ماهی به وزن برداشت محاسبه شده است.

ارزش دهی اقتصادی

در این مرحله ارزش فعلی خالص (NPV) کل تولیدات برای هر مزرعه در هر دوره ی رشد با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می گردد. NPV از ضرب وزن کل محصولات تولیدی هر مزرعه در قیمت هر کیلو ماهی با در نظر گرفتن هزینه های صورت گرفته در طول دوره پرورش محاسبه می شود.

(۳)

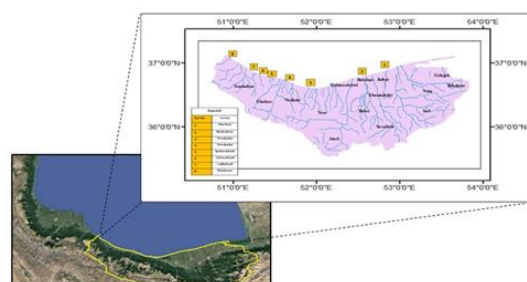
$$NPV_{f,c} = TPW_{f,c} \times \left[P(1-c) \times \frac{1}{(1-r)^t} \right]$$

در این رابطه؛ P قیمت تمام شده ی بازار به ازای هر کیلو ماهی و C کسری از هزینه های انجام شده به ازای هر کیلو ماهی در هر دوره رشد می باشد (جدول ۶ 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 می باشد (در این تحقیق از این پارامتر صرف نظر و مقدار آن ۰ در نظر گرفته شده است).

نمونه ای از حل روابط موجود در مدل آبی پروری دریایی در جدول ۷ به پیوست ارائه گردیده است. این مدل در نرم افزار TerrSet و InVEST قابل اجراست. خروجی نهایی شامل جدولی است که در آن، نوع پارامترهای ورودی، میزان کل تولیدات، ارزش فعلی خالص (NPV) و طول یک دوره ی رشد در هر مزرعه به طور جداگانه مشخص شده و نیز جدولی که نشان دهندهی کل تولیدات و ارزش فعلی خالص (NPV) در طول یک بازه زمانی مشخص (۱ سال) می باشد.

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 شکل ۱ نشان‌دهنده‌ی موقعیت مزارع آبی-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 می‌باشد. 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 $(\frac{1}{4} \times 3 \times 100) \times 8$ است. جدول ۱ نیز تعداد و مشخصات فنی هر قفس در هر مزرعه می‌باشد (اداره کل شیلات مازندران، ۱۳۹۵).

جدول ۱: 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		تعداد قفس				مشخصات قفس	
	Y	X	کل	فعال	غیر فعال	قطر (متر)	ارتفاع (متر)	شهرستان
۱	۳۶.۷۵۴۲۷	۵۲.۵۹۷۶۲۵	۲۰	۳	۱۷	۲۲	۹	جویبار
۲	۳۶.۸۱۳۷۴۷	۵۲.۹۶۱۳۹۸	۴	۴	۰	۲۰	۹	بابلسر
۳	۳۶.۶۴۱۸۷۱	۵۱.۷۸۵۳۴۱	۲	۲	۰	۲۰	۹	نوشهر
۴	۳۶.۷۱۳۲۸۲	۵۱.۵۱۶۲۴۱	۱۶	۶	۱۰	۲۰	۹	نوشهر
۵	۳۶.۷۳۸۱۶	۵۱.۲۶۸۱۴۵	۸	۴	۴	۱۶	۸	تنکابن
۶	۳۶.۷۴۱۱۴۶	۵۱.۲۵۱۲۴۳	۱۰	۱۰	۰	۲۰	۹	تنکابن
۷	۳۶.۷۸۰۸۵۸	۵۱.۱۰۰۹۸۸	۴	۴	۰	۲۰	۹	تنکابن
۸	۳۶.۸۴۰۱۴۹	۵۰.۹۶۳۳۴۶	۲	۲	۰	۲۰	۹	تنکابن
۹	۳۶.۹۷۵۹۴۴	۵۰.۶۴۴۱۶۴	۶	۰	۶	۲۰	۹	راسر

مقادیر معیارهای مورد استفاده شده در مدل آبی-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 آبی‌پروری مشخص شود که در جدول ۲ این مقادیر ارائه گردیده است.

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

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

منابع	مقدار برای قزل‌آلا	نام مؤلفه	واحد	معیار
۰/۲۵	W_{t0} گرم	وزن ماهی در شروع سیکل (۱)	کیلوگرم	
۱	$W_{t-1,0}$ گرم	وزن نهایی ماهی	کیلوگرم	
۰/۰۳۸	α	پارامتر رشد آلفا (۳، ۲)	$\frac{g(1-\beta)}{day}$	
۰/۶۶۶۷	β	پارامتر رشد بتا (۳، ۲)	بدون واحد	
۱۶	P	قیمت هر کیلو ماهی در بازار (۱)	هزار تومان	
۶۰	C	کسر هزینه‌ها (۱)	درصد	
۸	-	تراکم پرورش	کیلوگرم در هر مترمکعب	
۲۵۰۰	nf	تعداد ماهی در هر قفس (۱)	-	
۵	M	نرخ مرگ و میر طبیعی در هر دوره (۴، ۱)	درصد	
۸۵	D	وزن باقیمانده بعد از قراقرص پرورانی	درصد	

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. $(عدد) = \frac{۲۶۲۵۰ \times ۰/۸}{۲۲۰۰۰ \text{ kg}} = (مرگ و میر) / ۱۰$ ، $۲۰۰۰۰ \text{ kg} = ۲۵۰۰ \times ۸$. بنابراین میزان ذخیره‌سازی اولیه حداکثر ۵ تن $(۲۶۲۵۰ \times ۰/۲)$ به‌ازای هر قفس و بطور متوسط تعداد ذخیره‌سازی ۲۵۰۰۰ قطعه ماهی می‌باشد.

سناریوهای مورد بررسی

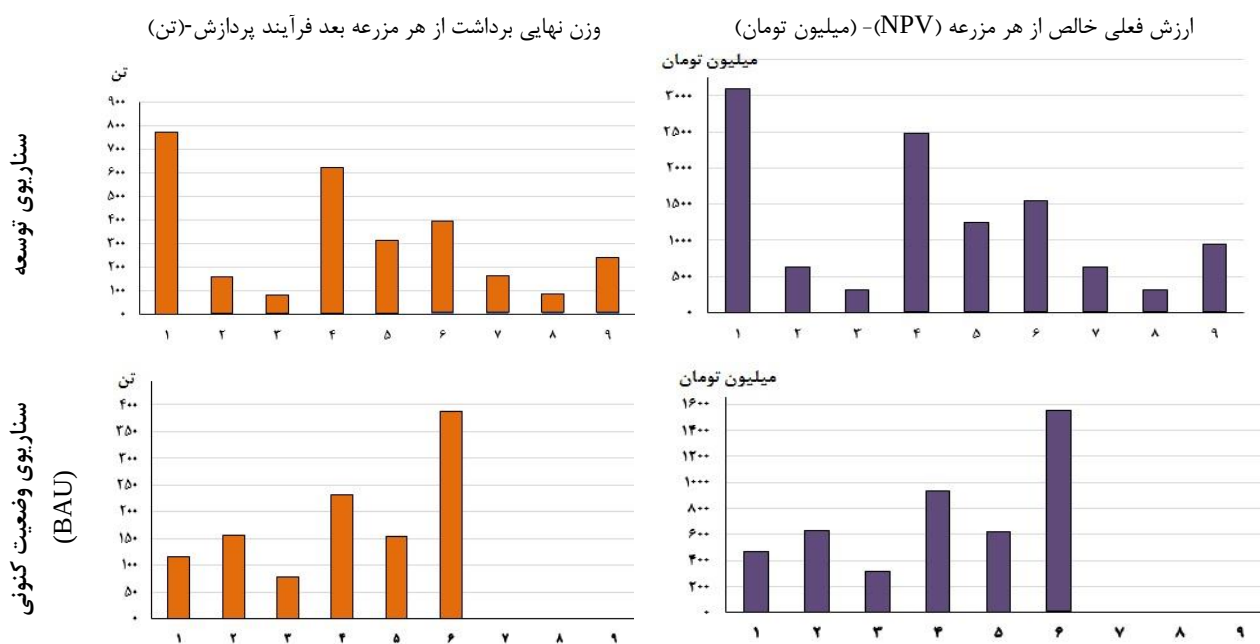
مدل آبی‌پروری دریایی برای کل مزارع موجود در سواحل مازندران در دو سناریو اجرا گردید. در سناریوی اول (توسعه) رهاسازی و تولید ماهی با در نظر داشتن اینکه تمام قفس‌های موجود در سواحل مازندران فعال باشند و سناریوی دوم (وضعیت کنونی) بر مبنای تعداد قفس‌های فعال در هر مزرعه می‌باشد. بازه زمانی مشخص به منظور اجرای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

استرس زیادی به تغذیه و رشد خود ادامه می دهد (نفیسی بهابادی، ۱۳۸۹).

نتایج

نتایج حاصل از این مطالعه در چهار بخش ارائه می گردد. برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) از هر مزرعه (بخش اول مدل) نمودار شکل ۲ نتایج خروجی حاصل از اجرای مدل در دو سناریوی ذکر شده در بازه زمانی ۱ سال را نشان می دهد. همانطور که گفته شد در بخش اول مدل آبی پروری دریایی، میزان تولید و NPV در هر مزرعه به طور جداگانه محاسبه می شود.

نظر گرفته شده است. ظرفیت تولید در هر قفس بر مبنای حجم قفس های 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 می باشد. 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 می شود (Sharp et al., 2014). بر این اساس به منظور نشان دادن تأثیر آن در میزان تولید و NPV، سه سناریوی دمای مختلف ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درجه در یک مزرعه ی ۲۰۰ تنی پرورش قزل آلا ی رنگین کمان در نظر گرفته شد. به طور کلی درجه حرارت بهینه برای رشد اقتصادی قزل آلا ۱۸-۱۲ درجه سانتی گراد بوده و درجه حرارت ۲۰ درجه حداکثر دمایی است که ماهی قزل آلا بدون تحمل ارزش فعلی خالص از هر مزرعه (NPV) - (میلیون تومان)



شکل ۲: خروجی نهایی حاصل از اجرای مدل آبی پروری 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).

تولید و NPV در هر دوره رشد محاسبه شده است و در این جدول ارائه گردیده است.

جدول ۳ تعداد یک دوره رشد کامل از زمان رهاسازی بچه ماهی تا زمان برداشت در بازه زمانی ۱ سال برای قزل آلا ی رنگین کمان نشان داده شده است. علاوه بر موارد آن میزان

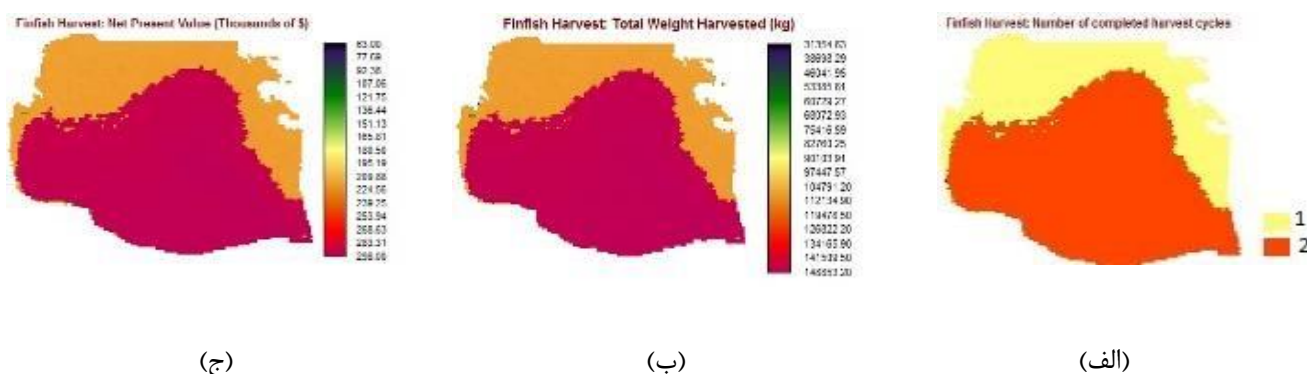
جدول ۳: میزان تولید و NPV در هر دوره رشد در مدت ۱ سال برای گونه قزل آلاهی رنگین کمان در سناریوی توسعه

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

ارزش فعلی خالص (NPV) میلیون تومان وزن خالص برداشت شده (تن)	طول یک دوره رشد	مزرعه	ارزش فعلی خالص (NPV) میلیون تومان وزن خالص برداشت شده (تن)	طول یک دوره رشد	مزرعه	ارزش فعلی خالص (NPV) میلیون تومان وزن خالص برداشت شده (تن)	طول یک دوره رشد	مزرعه
۳۰۴	۱۴۷	۱	۳۰۶	۱۴۷	۱	۱۵۲۰	۳۸۰	۱۴۶
۳۱۶	۱۱۲	۲	۳۱۴	۱۱۲	۲	۱۵۶۰	۳۹۰	۱۱۴
۱۵۲	۱۴۷	۸	۱۵۲	۱۴۰	۱	۳۰۴	۸۰	۱۴۷
۱۵۹	۱۲۴	۲	۱۵۷	۱۱۰	۲	۳۱۸	۸۰	۱۱۸
۴۵۶	۱۴۸	۹	۱۹۰	۱۴۷	۱	۱۵۳	۳۸	۱۴۷
۴۷۷	۱۲۵	۲	۱۹۶	۱۱۲	۲	۱۶۰	۴۰	۱۱۳

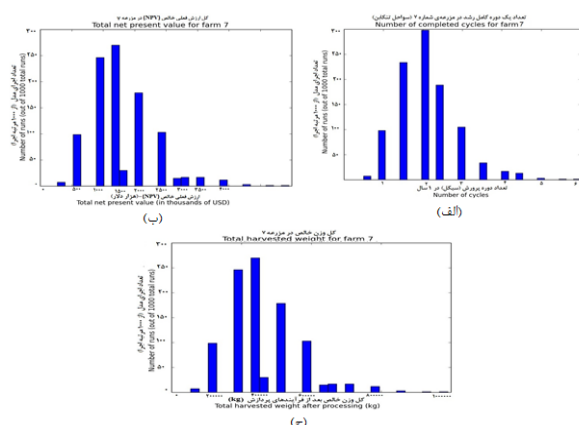
برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) قزل-
آلای رنگین کمان در کل منطقه مورد مطالعه (بخش دوم
مدل)

شکل ۳ نتیجه اجرای بخش دوم مدل آبی پروری دریایی به
منظور تولید قزل آلاهی رنگین کمان در بازه زمانی ۱ سال در کل
منطقه مورد مطالعه است. در این بخش، دما به صورت



شکل ۳: برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) قزل آلاهی رنگین کمان در بخش دوم مدل، (الف) تعداد دوره رشد، (ب) وزن خالص برداشت، (ج) 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)



شکل ۵: نتایج آنالیز حساسیت برای مزرعه شماره ۷ (سناریوی توسعه - ماهی قزل آلا)

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

بحث

پرورش در قفس یکی از روش های متداول آبی پروری دریایی می باشد که در سال های اخیر با توجه به مزایای خاص خود مورد توجه اکثر کشورهای دنیا واقع گردیده است. استفاده از مدل سازی خدمات اکوسیستم دریایی از جمله مدل آبی- پروری دریایی یکی از ابزارهای مهم به منظور برآورد تولیدات و ارزش گذاری اقتصادی اینگونه از خدمات می باشد.

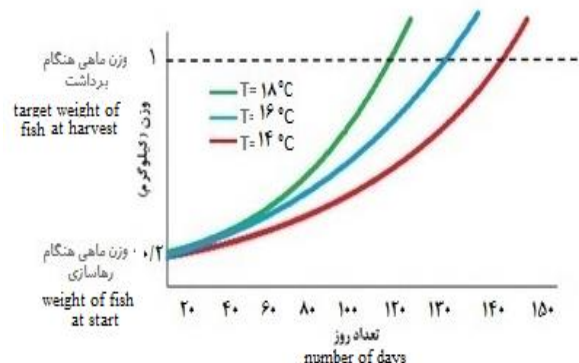
مدل آبی پروری دریایی برای هر ۹ سایت موجود در سواحل مازندران اجرا گردید. همانطور که در نمودار شکل ۲ مشخص است در سناریوی توسعه بیشترین حجم تولید را مزرعه شماره ۱ در سواحل جوبار با تعداد ۲۰ قفس دارا می باشد. میزان تولید در مدت ۱ سال، ۷۷۲ تن طی دو دوره برداشت با NPV ۳۰۸۹ میلیون تومان برآورد شده است. در این سناریو کمترین میزان تولید را مزرعه ۳ (نوشهر) و ۸ (تنکابن) دارا می باشد 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 شماره ۳ با ۲ قفس فعال در سواحل نوشهر با ۷۸ تن و NPV برابر با ۳۱۴ میلیون تومان می باشد. مزارع ۷، ۸ و ۹ در سواحل تنکابن و رامسر هم اکنون غیرفعال می باشند.

تأثیر دما بر روی میزان تولید و NPV در هر مزرعه

نمودار شکل ۴ تأثیر تغییرات سه دمای مختلف را بر میزان تولید و NPV در یک مزرعه با ظرفیت تولید ۲۰۰ تن (چهار قفس فعال) برای گونه قزل آلا رنگین کمان (مزرعه ۷- تنکابن) را نشان می دهد همچنین میزان تولید و NPV در جدول ۴ برای هر سه دمای ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درجه سانتی گراد محاسبه گردیده و ارائه شده است.

نتایج حاصل از اجرای آنالیز حساسیت

نتایج آنالیز حساسیت مدل که با استفاده از روش مونت کارلو انجام شده است، برای هر مزرعه به صورت جداگانه به صورت نمودار مشخص می شود. شکل ۴ نتایج آنالیز حساسیت برای مزرعه شماره ۷ واقع در سواحل تنکابن برای سناریوی توسعه و گونه ی ماهی قزل آلا نمایش می دهد.



شکل ۴: نمودار تأثیر افزایش درجه حرارت بر روی رشد ماهی

Figure 4: Impact of rising temperature on fish growth

جدول ۴: تأثیر تغییرات دما در میزان تولید و NPV در یک مزرعه با ظرفیت تولید ۲۰۰ تن (قزل آلا 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.

دما (درجه)	طول یک سیکل رشد (روز)	وزن نهایی برداشت (کیلوگرم)	NPV (هزار تومان)
۱۴	۱۴۲	۷۵۹۲۲	۳۰۳۶۸۸
۱۶	۱۲۴	۷۶۶۶۲	۳۰۵۱۴۸
۱۸	۱۱۰	۷۷۶۴۱	۳۱۰۵۶۴

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 مزرعه ۱ حدود ۱۱۴ روز محاسبه شده است.

شکل ۳ نشان‌دهنده‌ی اجرای مدل در بخش دوم می‌باشد. شکل ۳-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 آبی‌پروری 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 جدول ۳ نیز نتیجه‌ای مشابه این بخش را نشان می‌دهد. در جدول ۳ 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 رنگین کمان انجام شده است. در مطالعه‌ی Stigebrandt (۱۹۹۹) تأثیر دماهای مختلف ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ درجه بر میزان نرخ رشد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نشان داد که با افزایش دما نرخ

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 قزل‌آلا 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 رنگین کمان 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 معمولاً 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

رشد نیز افزایش می یابد. مطالعات Boyd و همکاران (۲۰۱۰) و نفیسی بهابادی (۱۳۸۹) نیز این مورد را تأیید می کنند. نتایج جدول ۴ نیز نشان می دهد که در دمای ۱۴ درجه سانتیگراد میزان تولید ماهی قزل آلا 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 می یابد 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 دوره های رشد کوتاه تر میزان تولید بیشتر خواهد بود می توان 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 نرم افزار InVEST با روش مونت کارلو استفاده گردید که نتایج خروجی این آنالیز برای مزرعه ی ۷ (سواحل تنکابن) به منظور پرورش قزل آلا 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) می باشد. نمودار (الف) نشان می دهد که تعداد سیکل در مزرعه ۷ (تنکابن) ۲ عدد می باشد چراکه بیشترین احتمال وقوع از تکرار ۱۰۰۰ بار شبیه سازی را به خود اختصاص می دهد. 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 نمی دهد.

مدل آبی پروری دریایی برای کل مزارع آبی پروری موجود در سواحل مازندران اجرا شد و رشد ماهی قزل آلا ی رنگین کمان با توجه به دمای آب، نرخ متابولیسم و نرخ مرگ و میر روزانه ماهیان، رشد هر ماهی تا رسیدن به وزن نهایی مدل سازی شد و میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) برای هر مزرعه محاسبه گردید. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می دهد که در صورت فعال بودن تمام قفس ها ۲۷۸۶ تن قزل آلا ی رنگین کمان با میزان NPV ۱۱۱۵۸ میلیون تومان در کل سواحل مازندران برداشت خواهد شد.

مزیت اصلی مدل آبی پروری دریایی نسبت به روش های 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 مدل سازی می شود بنابراین نتایج حاصل از اجرای این مدل، نتایجی دقیق تر و با میزان خطای کمتر خواهد بود.

مدل آبی پروری مورد استفاده توسط Guerry و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) در مزارع آبی پروری پرورش نرم تنان صدف-دار (shellfish) و پرورش ماهی آزاد اطلس مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین از مدل آبی پروری دریایی برای محاسبه ی تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) انواع آبزیان از جمله ماهی قزل آلا ی رنگین کمان نیز می توان استفاده نمود. علاوه بر آن در این مطالعات به غیر از برآورد میزان تولید و NPV از طریق مدل آبی پروری دریایی، با استفاده از سایر مدل های خدمات اکوسیستم به مدل سازی کیفیت آب و کیفیت زیستگاه، به منظور ارزیابی اثرات هر مزرعه آبی پروری 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 بهره برداری آبزیان در اکوسیستم های دریایی و ساحلی بدون در نظر گرفتن ارتباط و تعادل آن با سایر بخش ها و خدمات اکوسیستم موجب ارزیابی غلط از هزینه و سود واقعی این خدمات به محیط زیست و جامعه می شود 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 وسیله ی مدل آبی پروری دریایی سایر خدمات اکوسیستم نیز در نظر گرفته شود.

هدف اصلی از این مطالعه معرفی کاربردی مدل خدمات اکوسیستم آبی پروری دریایی به منظور برآورد میزان تولید و NPV مزارع آبی پروری دریایی است و هیچ گونه تأییدی به پرورش قزل آلا ی رنگین کمان 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 مطالعه ی دقیق و جامع انواع آلودگی های ناشی از پرورش این گونه ی

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 منابع طبیعی 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 بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی ۲، 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 آبی‌پروری 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، ۳۳۳ صفحه.

میگلی‌نژاد، ا.، ۱۳۹۱. شیلات و آبیان کشور چالش‌ها و پتانسیل‌ها، مرکز تحقیقات استراتژیک، معاونت پژوهش های اقتصادی، گزارش راهبردی ۱۳۰۱۵۱-۹۱-۸-۰۴، ۲۶ صفحه.

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

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	هزینه‌های پرسنلی	۱۴۰۴۰۰	
	*بچه ماهی و خوراک ماهی	۲۱۸۷۵۰۰	
	هزینه‌های سوخت و انرژی	۷۵۶۰	
	هزینه تعمیرات	۱۹۵۹۰۰	
جمع کل		۱۰۶۲۵۰۰	
شرح*		وین و تعداد	واحد
غذای ماهی	۳۰۰	تن	غذای خارجی
بچه ماهی	۲۵۰۰۰۰	قطعه	دوست گرمی
شرح		هزینه (هزارتومان)	
مجموعه هزینه‌های ثابت طرح	زمین (۱۰۰۰ مترمربع)	۱۰۰۰۰۰	
	ساختمان و قفس مورد نیاز	۵۸۳۰۰۰	
	دستگاه و برق مورد نیاز	۲۰۳۰۰	
	ماشین آلات و تجهیزات	۵۹۵۰۰	
سود دوران مشارکت	قبل از بهره برداری	۱۵۰۰۰	
	سود دوران مشارکت	۳۵۰۰۰	
	جمع کل	۸۱۲۸۵۰	
	میانگین مارک نقدی	۲۰۱۲۸۵۰۰	
سرمایه‌گذاری ثابت	۸۱۲۸۵۰		
سرمایه در گردش	۱۰۶۲۵۰۰		
کل سرمایه‌گذاری	۱۸۷۵۳۵۰		
* کل سرمایه‌گذاری / مارک نقدی عملیات=توجیه اقتصادی طرح			
مارک نقدی عملیات اکل سرمایه‌گذاری = دوره بازگشت سرمایه			
منبع: اداره کل شیلات مازندران، ۱۳۹۵			

حل روابط استفاده شده

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

رابطه		حل	
۱	وزن هر ماهی (kg)	$W_{k,f} = (\alpha W_{k-1,f}^p e^{T-t}) + W_{k-1,f}$	دما (°C)
	۱۹.۰۷	$W_{1,f} = (0.035 \times (0.2)^{0.6667} \times 2.718^{(19.07-0.08)}) + 0.2 = 0.2550$	۱۹.۰۷
	۱۸.۸	$W_{2,f} = (0.035 \times (0.2550)^{0.6667} \times 2.718^{(18.8-0.08)}) + 0.2550 = 0.3196$	۱۸.۸
	۱۸.۵۳	$W_{3,f} = (0.035 \times (0.3196)^{0.6667} \times 2.718^{(18.53-0.08)}) + 0.3196 = 0.3948$	۱۸.۵۳
	۱۸.۲۶	$W_{4,f} = (0.035 \times (0.3948)^{0.6667} \times 2.718^{(18.26-0.08)}) + 0.3948 = 0.4813$	۱۸.۲۶
۱	این رابطه در هر روز از سال نگار می‌شود تا ماهی به وزن نهایی مورد نظر که بین یک کیلوگرم است برسد. این مدت زمانی که ماهی از زمان ورودی تا زمان برداشت از این رابطه به دست می‌آید تعداد روزهایی که مدل اجرا می‌شود تا ماهی به وزن برداشت برسد که در این مرحله ۱۱۲ روز به دست آمده است.		
۲	کل وزن برداشت در هر سیکل (kg)	$TPW_{f,e} = w_{k,h,f} \cdot d \cdot n_{f,e} \cdot M \cdot (t_k - t_0)$	وزن ماهی در زمان برداشت (kg)
	۱۳۲۹۱۸	$TPW_{f,e} = 0.9908 \times 165000 \times 0.85 \times \frac{1}{2.718^{0.000342 \times 122}}$	۰.۹۹۰۸
	۱۳۸۴۱۷	$TPW_{f,e} = 1.1004 \times 125000 \times 0.85 \times \frac{1}{2.718^{0.000342 \times 102}}$	۱.۱۰۰۴
۳	میزان درآمد خالص (میلیون تومان) (NPV)	$NPV_{f,e} = TPW_{f,e} \left[P(1-c) \cdot \frac{1}{(1+r)^t} \right]$	کل وزن برداشت در هر سیکل بعد از فرآیند پرداخت (kg)
	۵۳۱	$NPV_{f,e} = 80074 \times \left[16000(1-0.7) \cdot \frac{1}{(1+0)^{122}} \right]$	۱۳۲۹۱۸
	۵۵۳	$NPV_{f,e} = 82501 \times \left[18000(1-0.7) \cdot \frac{1}{(1+0)^{102}} \right]$	۱۳۸۴۱۷

- 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/rev017.
- 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.wjfm.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, Fisker 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.

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

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 was 142, 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 Caspian 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