

## معرفی کاربردی مدل سازی خدمات اکوسیستمی آبی پروری دریایی: راهکاری

### برای برآورد تولید و ارزش فعلی خالص (NPV)

الهام حق شناس<sup>۱</sup>، مهدی غلامعلی فرد<sup>۱\*</sup>، نعمت الله محمودی<sup>۲</sup>

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 پذیرش: اسفند ۱۳۹۵

تاریخ دریافت شهریور ۱۳۹۵

#### چکیده

اکوسیستم های دریایی و ساحلی فراهم کننده ی مزایا و خدمات مختلفی برای انسان هستند که آبی 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 آبی 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 آبی 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 آبی 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 آبی پروری دریایی، ارزش فعلی خالص (NPV)، قزل آلا ی رنگین کمان، سواحل مازندران

\* نویسنده مسئول

## مقدمه

اکوسیستم‌های ساحلی یکی از غنی‌ترین اکوسیستم‌ها و فراهم‌کننده 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)، تأمین (Provisioning services) (ماهیگیری، آبی‌پروری 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 Integrated Valuation of MIMES (Services InVEST (Ecosystem Services and Tradeoffs) Artificial Intelligence for Ecosystem Service) و (Service ARIES اشاره کرد. آبی‌پروری 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).

آبی‌پروری 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 آبی‌پروری 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 آبی‌پروری 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 جهانی ۸۵۰ میلی‌متر) و میانگین تبخیر سالانه برابر با ۲۱۰۰ میلی‌متر (متوسط جهانی ۷۰۰ 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 آبی‌پروری دریایی فراهم می‌آورد (میگلی‌نژاد، ۱۳۹۱). از دیگر مزایای آبی‌پروری 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 بهره‌برداری‌های صنعت آبی‌پروری 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 آبی‌پروری 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 در حال 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

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 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)

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 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 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 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

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

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 (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 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 آبی‌پروری دریایی در جدول ۷ به پیوست ارائه گردیده است. این مدل در نرم‌افزار *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 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.

در این رابطه؛  $W$  نشان دهنده وزن ماهی ( $kg$ ) در زمان  $t$  (روز)، سال  $y$  و مزرعه‌ی  $f$  می‌باشد.  $\alpha$  و  $\beta$  پارامترهای رشد هستند که در فرآیند مدل‌سازی هر دو ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می‌شوند. واحد پارامتر  $\alpha$  برابر است با  $(g^{(1-\beta)}/day)$  و مقدار آن به ژنتیک و واریته‌ی گونه‌ی مورد نظر بستگی دارد و  $\beta$  پارامتری بدون واحد است که مقدار آن ۰/۶۶۶۷ می‌باشد.  $T$  نشان‌دهنده‌ی 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 ۰/۰۸ در نظر گرفته می‌شود. در واقع  $\tau$  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 می‌یابد ( $e = 2.718$ ).

در مدل آبی‌پروری 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 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  $\alpha$  و  $\beta$  به عنوان پارامترهای تصادفی (غیر قطعی) در نظر گرفته می‌شوند که تأثیر عدم قطعیت 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  $\alpha$  را ۰/۰۰۵ و انحراف معیار از پارامتر  $\beta$  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.

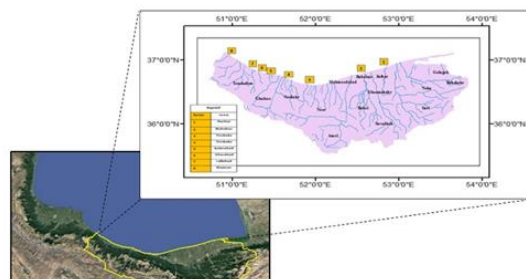
(۲)

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

در این رابطه  $TPW$  (Total weight of processed fish) وزن کل ماهیان برداشت شده ( $kg$ ) در هر مزرعه  $(f)$  در

## 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  $(\frac{3}{14} \times 100) \times 8$  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				شهرستان
	Y	X	کل	فعال	غیر فعال	قطر	
	(متر)	(متر)				(متر)	
۱	۵۲.۵۹۷۶۲۵	۳۶.۷۵۴۷۷	۲۰	۳	۱۷	۲۲	جویبار
۲	۵۲.۹۶۱۳۹۸	۳۶.۸۲۳۴۷۷	۴	۴	۰	۲۰	بابلسر
۳	۵۱.۷۸۵۳۴۱	۳۶.۶۴۱۸۷۱	۲	۲	۰	۲۰	نوشهر
۴	۵۱.۵۱۶۲۶۳	۳۶.۷۱۳۳۲۸	۱۶	۶	۱۰	۲۰	نوشهر
۵	۵۱.۲۶۸۱۶۵	۳۶.۷۳۳۸۱۶	۸	۴	۴	۱۶	ننگین
۶	۵۱.۲۵۱۲۶۳	۳۶.۷۴۱۱۴۶	۱۰	۱۰	۰	۲۰	ننگین
۷	۵۱.۱۰۰۹۸۸	۳۶.۷۸۰۸۵۸	۴	۰	۴	۲۰	ننگین
۸	۵۰.۹۶۳۳۴۶	۳۶.۸۴۰۱۴۹	۲	۲	۰	۲۰	ننگین
۹	۵۰.۶۴۴۱۶۶	۳۶.۹۷۵۹۴۴	۶	۰	۶	۲۰	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.

معیار	واحد	نام مؤلفه	مقدار برای قزل‌آلا	منابع
وزن ماهی در شروع سیکل (۱)	کیلوگرم	$W_{t=0}$	۰.۲۵	
وزن نهایی ماهی	کیلوگرم	$W_{t=1}$	۱	
پارامتر رشد آلفا (۳.۲)		$\alpha$	۰.۰۳۸	۱. طرح توجیه اقتصادی اخذ شده از اداره کل شیلات مازندران (۱۳۹۵)
پارامتر رشد بتا (۳.۲)	بدون واحد	$\beta$	۰.۶۶۶۷	
قیمت هر کیلو ماهی در بازار (۱)				

دمای سطح آب از سایت <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> 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.  $(\text{عدد} = \frac{25000}{0.8} = 31250)$  (مرگ و میر ۱۰٪)،  $(\text{عدد} = 31250 \times 8 = 250000)$ . بنابراین میزان ذخیره‌سازی اولیه حداکثر ۵ تن  $(250000 \times 0.2)$  به‌زای 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 می‌دهد (نفیسی بهابادی، ۱۳۸۹).

### نتایج

نتایج حاصل از این مطالعه در چهار بخش ارائه می‌گردد.

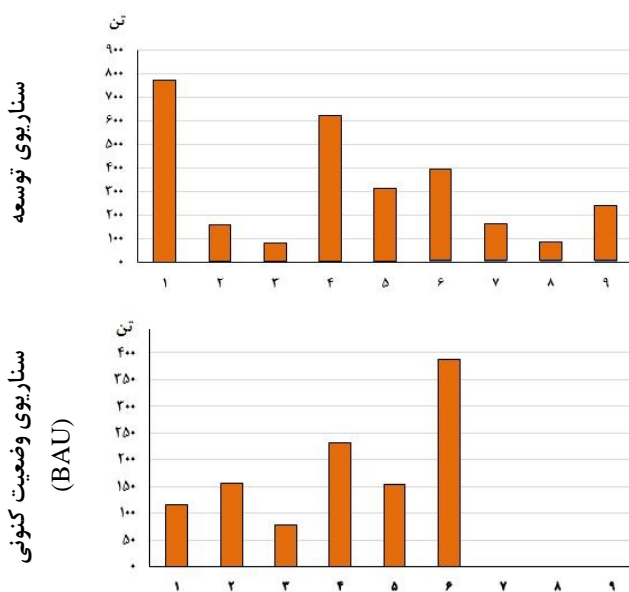
#### برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) از هر مزرعه (بخش اول مدل)

نمودار شکل ۲ 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 آبی‌پروری دریایی، میزان تولید و NPV در هر مزرعه به طور جداگانه محاسبه می‌شود.

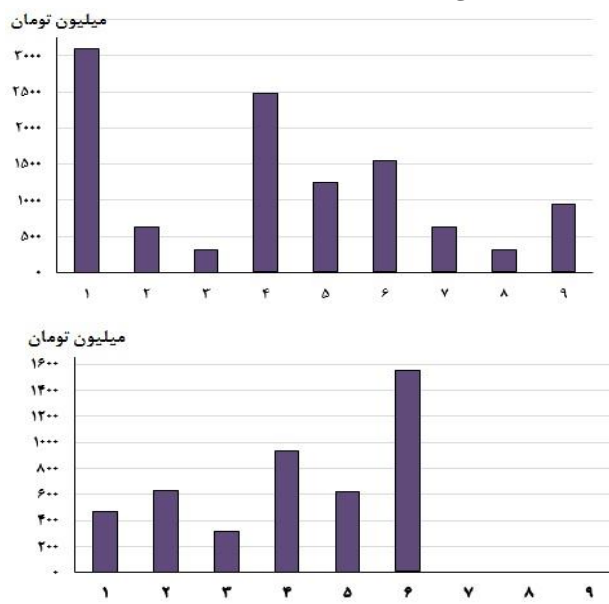
نظر گرفته شده است. ظرفیت تولید در هر قفس بر مبنای حجم قفس‌های موجود و نیز مقدار تراکم اعلام شده توسط سازمان شیلات در سال ۹۵ محاسبه شده است. ذکر این نکته ضروری است که این مقدار و حجم تولید واقعی نبوده و بر مبنای ظرفیت اسمی تولیدی در هر قفس می‌باشد.

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، ۱۶ و 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

وزن نهایی برداشت از هر مزرعه بعد فرآیند پردازش- (تن)



ارزش فعلی خالص از هر مزرعه (NPV) - (میلیون تومان)



شکل ۲: خروجی نهایی حاصل از اجرای مدل آبی‌پروری 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 قزل‌آلای- رنگین‌کمان 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

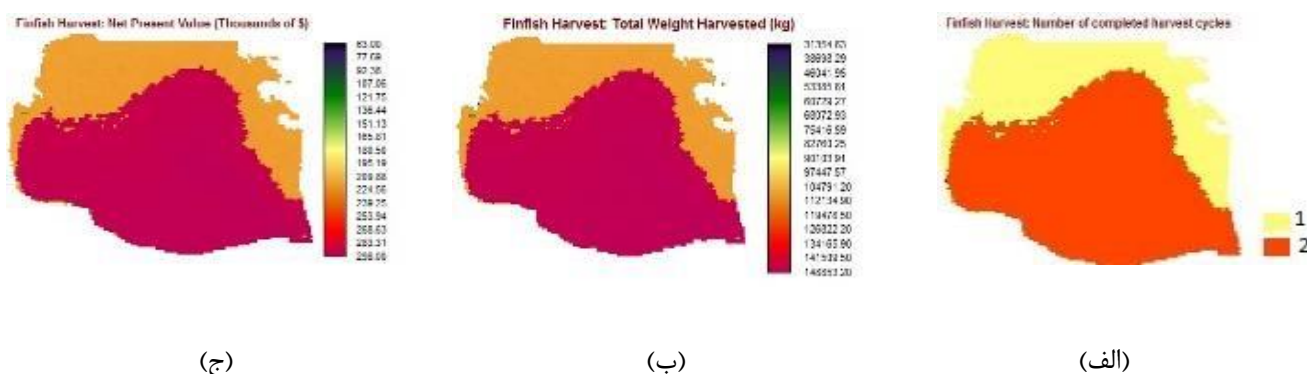
Table 3: Production and NPV at 1 year period for Rainbow trout species in the Development Scenario

مزرعه	دوره رشد	طول یک دوره	ارزش فعلی خالص (NPV) میلیون تومان			مزرعه	دوره رشد	طول یک دوره	ارزش فعلی خالص (NPV) میلیون تومان					
			وزن خالص برداشت شده (تن)	ارزش فعلی خالص (NPV)	میلیون تومان				وزن خالص برداشت شده (تن)	ارزش فعلی خالص (NPV)	میلیون تومان			
۱	۱	۱۴۶	۳۸۰	۱۵۲۰	۴	۱	۱۴۷	۳۰۶	۱۲۲۴	۷	۱	۱۴۷	۷۶	۳۰۴
۱	۲	۱۱۴	۳۹۰	۱۵۶۰	۴	۲	۱۱۴	۳۱۴	۱۲۵۸	۷	۲	۱۱۲	۷۹	۳۱۶
۲	۱	۱۴۷	۸۰	۳۰۴	۵	۱	۱۴۰	۱۵۲	۶۰۸	۸	۱	۱۴۷	۳۸	۱۵۲
۲	۲	۱۱۸	۸۰	۳۱۸	۵	۲	۱۱۰	۱۵۷	۶۲۸	۸	۲	۱۲۴	۳۹	۱۵۹
۳	۱	۱۴۷	۳۸	۱۵۳	۶	۱	۱۴۷	۱۹۰	۷۶۱	۹	۱	۱۴۸	۱۱۴	۴۵۶
۳	۲	۱۱۳	۴۰	۱۶۰	۶	۲	۱۱۲	۱۹۶	۷۸۶	۹	۲	۱۲۵	۱۱۹	۴۷۷

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).

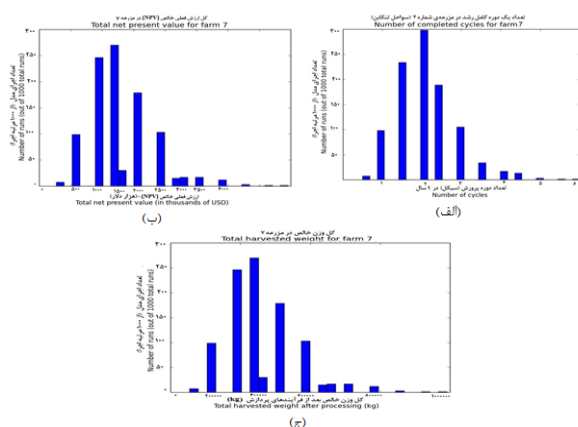
برآورد میزان تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) قزل-آلاهی رنگین کمان در کل منطقه مورد مطالعه (بخش دوم مدل)

شکل ۳ نتیجه اجرای بخش دوم مدل آبی‌پروری دریایی به منظور تولید قزل‌آلاهی 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) قزل‌آلاهی 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)



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

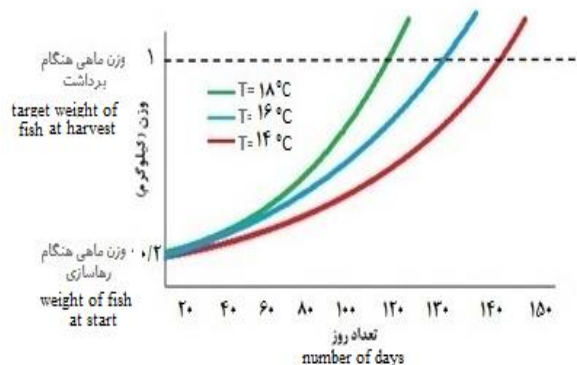
پرورش در قفس یکی از روش های متداول آبی پروری دریایی می باشد که در سال های اخیر با توجه به مزایای خاص خود مورد توجه اکثر کشورهای دنیا واقع گردیده است. استفاده از مدل سازی خدمات اکوسیستم دریایی از جمله مدل آبی- پروری دریایی یکی از ابزارهای مهم به منظور برآورد تولیدات و ارزش گذاری اقتصادی اینگونه از خدمات 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 ۱ شماره ۱ در سواحل جویبار 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	۷۶۶۴۲	۳۰۵۸۴۸
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

مزیت اصلی مدل آبی‌پروری 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 آبی‌پروری مورد استفاده توسط Guerry و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) در مزارع آبی‌پروری پرورش نرم‌تان صدف-دار (shellfish) و پرورش ماهی آزاد اطلس مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین از مدل آبی‌پروری دریایی برای محاسبه ارزش تولید و ارزش فعلی خالص (NPV) انواع آبیان 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 آبی‌پروری دریایی، با استفاده از سایر مدل‌های خدمات اکوسیستم به مدل‌سازی کیفیت آب و کیفیت زیستگاه، به منظور ارزیابی اثرات هر مزرعه آبی‌پروری 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 آبیان 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 آبی‌پروری دریایی سایر خدمات اکوسیستم نیز در نظر گرفته شود.

هدف اصلی از این مطالعه معرفی کاربردی مدل خدمات اکوسیستم آبی‌پروری دریایی به منظور برآورد میزان تولید و NPV مزارع آبی‌پروری 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

رشد نیز افزایش می‌یابد. مطالعات Boyd و همکاران (۲۰۱۰) و نفیسی بهابادی (۱۳۸۹) نیز این مورد را تأیید می‌کند. نتایج جدول ۴ 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 مونت کارلو 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 آبی‌پروری دریایی برای کل مزارع آبی‌پروری 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.

### 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 تربیت مدرس 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 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 قفس‌های دریایی در ایران، ۱۳۸۳. گزارش شرکت رفا - نروژ، ترجمه: واحد تحقیق و پژوهش شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان، واحد انتشارات شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان، جلد اول و جلد دوم، ۴۳۳ صفحه.

میگلی‌نژاد، ا.، ۱۳۹۱. شیلات و آزیان کشور چالش‌ها و پتانسیل‌ها، مرکز تحقیقات استراتژیک، معاونت پژوهش‌های اقتصادی، گزارش راهبردی ۱۳۵۱-۹۱-۸-۰۴، 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 رنگین‌کمان در مزرعه‌ای ۲۰۰ تنی

شرح	واحد	مشتقات فنی	ارزش واحد	ارزش کل (هزارتومان)
هزینه‌های پرسلی				۱۴۴۰۰
*بچه ماهی و خوراک ماهی				۲۱۸۷۰۰
هزینه‌های سوخت و انرژی				۷۵۰
هزینه تعمیرات				۱۹۹۱۰۰
جمع کل				۱۰۶۲۵۰۰
*شرح	وزن و تعداد	واحد	مشتقات فنی	ارزش واحد
غذای ماهی	۳۰۰	تن	غذای خارجی	۷۵۰۰۰۰
بچه ماهی	۲۵۰۰۰۰	قطعه	دوست گرمی	۳۱۲۵۰۰
شرح	واحد	مشتقات فنی	ارزش واحد	ارزش کل (هزارتومان)
زمین (۱۰۰۰ مترمربع)				۱۰۰۰۰۰
ساختمان و قفس مورد نیاز				۵۳۰۰۰۰
دستگاه و برق مورد نیاز				۲۰۳۰۰۰
ماشین آلات و تجهیزات				۵۹۵۰۰
قبل از بهره برداری				۱۵۰۰۰
سود دوران مشارکت				۳۵۰۰۰
جمع کل				۸۱۲۸۵۰
سرمایه‌گذاری ثابت	۸۱۲۸۵۰	میانگین مارک نقدی	عملیات	۲۰۱۲۸۵۰۰
سرمایه در گردش	۱۰۶۲۵۰۰	*توجیه اقتصادی طرح		٪ ۵۸
کل سرمایه‌گذاری	۱۸۷۵۳۵۰	*دوره بازگشت سرمایه		۱۸-سال
*۱۰۰٪ کل سرمایه‌گذاری / مارک نقدی عملیات = توجیه اقتصادی طرح				
مارک نقدی عملیات کل 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

۱

$$W_{k,y} = (\alpha W_{k-1,y}^p + e^{r-1}) + W_{k-1,y}$$

وزن هر ماهی (kg)

دردول:  $W_{k,y} = (0,035 \times (0,2)^{0,6667} \times 2,718^{(19/07 \times 0,98)}) + 0,2 = 0,2550$  | 0,2550

دوم:  $W_{k,y} = (0,035 \times (0,2550)^{0,6667} \times 2,718^{(18 \times 0,98)}) + 0,2550 = 0,3196$  | 0,3196

دوم:  $W_{k,y} = (0,035 \times (0,3196)^{0,6667} \times 2,718^{(18 \times 0,98)}) + 0,3196 = 0,3948$  | 0,3948

دوم:  $W_{k,y} = (0,035 \times (0,3948)^{0,6667} \times 2,718^{(18 \times 0,98)}) + 0,3948 = 0,4813$  | 0,4813

بعد از گذشت ۱۲ روز به دست آمده است.

۲

$$TPW_{k,e} = w_{k,h,k} \cdot d \cdot n_{k,e} \cdot M^{-(n_{k,e}-1)}$$

کل وزن برداشت در هر سال (kg)

۰,9908 |  $TPW_{k,e} = 0,9908 \times 165000 \times 0,85 \times 2,718^{9/00042 \times 122}$  | 132918

1,1004 |  $TPW_{k,e} = 1,1004 \times 125000 \times 0,85 \times 2,718^{9/00042 \times 102}$  | 138417

۳

$$NPV_{k,e} = TPW_{k,e} \left[ P(1-c) - \frac{1}{(1+r)^T} \right]$$

میزان درآمد خالص (میلیون تومان) (NPV)

132918 |  $NPV_{k,e} = 80074 \times [16000(1-0,7) - \frac{1}{(1+0)^{12}}]$  | 531

138417 |  $NPV_{k,e} = 82501 \times [18000(1-0,7) - \frac{1}{(1+0)^{10}}]$  | 553

- 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 - Ongoing 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.

---

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

Haghshenas E.<sup>1</sup>; Gholamalifard M.<sup>1\*</sup>; Mahmoudi N.<sup>2</sup>

\* 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 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