13 (1) 279-288, Spring 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Potential Ecological Risk Assessment in adjacent of coastal aquaculture (Case study: Morvarid Sturgeon Farming Center, Ghoroogh, Talesh)

Habeeb Hoseinpour Roudsari [1], Seyed Masoud Monavari*[1], Hosein Khara [2], Behrouz Behrouzi-Rad [3]

[1]Department of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2]Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
[3]Department of Environment, Tehran, Iran

Key Words:
Ecological risk assessment
EPA
Aquaculture industry
Sturgeon fish farm
Ghoroogh
Talesh

Abstract

Introduction: Today, with the increase in population, the amount of production in the aquaculture sector is expanding worldwide. As an emerging industry, this industry poses potential risks to the environment and humans. The use of risk assessment approaches is a very good way to manage the stresses of this industry on the environment. The science of risk assessment in the field of aquaculture is very new and is not very old in the world. The most important groups active in this field are EPA, FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP and GESAMP (IMO).

Materials & Methods: In the present review of the guidelines for ecological risk assessment for the aquaculture industry approved by the US Environmental Protection Agency (EPA).

Result: According to the evaluation of sturgeon farming in Ghorogh farms on the quality of the receiving ecosystem (Karganrud River and Caspian Sea) respectively in terms of pathogens with high risk potential, pharmaceuticals and disinfectants have high risk potential and for organic and nutrient content there is a medium risk potential (moderate risk of end factors can be attributed to the self-purification power of the river) which in management measures continuous monitoring and monitoring.

Conclusion: Investigating the potential of river self-purification as well as the status of plant and animal communities in affected ecosystems can increase the accuracy of the assessment and lead to more accurate management decisions.

* Corresponding Author's email: monavarism@yahoo.com
Received: 7 September 2020; Reviewed: 10 November 2020; Revised: 1 December 2020; Accepted: 8 December 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.132335

مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک اکولوژیک آبزی‌پروری در نواحی ساحلی دریای خزر (مطالعه موردی: مزرعه پرورش ماهیان خاویاری مروارید، قروق، تالش)

حبیب حسین‌پور رودسری[۱]، سیدمسعود منوری[۱*]، حسین خارا[۲]، بهروز بهروزی‌راد[۳]

[۱] گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

[۲] گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

[۳] سازمان حفاظت محیط زیست ایران، تهران، ایران

کلمات کلیدی

ارزیابی ریسک اکولوژیک
EPA
صنعت آبزی‌پروری
مزرعه پرورش ماهیان خاویاری
قروق
تالش

چکیده

مقدمه: امروزه با افزایش جمعیت میزان تولیدات در بخش آبزی‌پروری در سطح جهانی در حال گسترش است. این صنعت به‌عنوان یک صنعت نو ظهور خطرات بالقوه‌ای را متوجه محیط زیست می‌کند. استفاده از رویکردهای ارزیابی ریسک روش بسیار مناسبی برای مدیریت تنش‌های وارده از این صنعت بر محیط زیست است. علم ارزیابی ریسک در زمینه آبزی‌پروری بسیار جدید بوده و در سطح جهانی از قدمت بالایی برخوردار نیست. از مهم‌ترین سازمان‌های که در این زمینه فعال هستند عبارتند از FAO/ EPA/ UNESCO-IOC / WMO / WHO / IAEA / UN / UNEP و GESAMP (IMO).

مواد و روش‌ها: در بررسی حاضر از دستورالعمل ارزیابی ریسک اکولوژیک برای صنعت آبزی‌پروری که مورد تایید آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (**EPA**) استفاده گردید.

نتایج: برطبق ارزیابی انجام گرفته پرورش ماهیان خاویاری در مزارع پرورش قروق تالش بر روی کیفیت اکوسیستم پذیرنده (رودخانه کرگانرود و دریای خزر) به‌ترتیب از جهت عوامل بیماری‌زا دارای پتانسیل ریسک بالا، مواد دارویی و ضدعفونی دارای پتانسیل ریسک شدید و برای مواد الی و مغذی دارای پتانسیل ریسک میانه است (میانه بودن ریسک عوامل انتهایی را می‌توان به توان خودپالایی رودخانه معطوف کرد) که در اقدامات مدیریتی نظارت و پایش مستمر را می‌طلبد.

نتیجه‌گیری و بحث: بررسی توان خودپالایی رودخانه و هم‌چنین وضعیت جوامع گیاهی و جانوری اکوسیستم‌های تحت تاثیر می‌تواند دقت ارزیابی را افزایش داده و تصمیمات مدیریتی صحیح‌تری را موجب شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: monavarism@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۷ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۲۰ آبان ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱۱ آذر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۸ آذر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.132335

مقدمه

امروزه صنعت آبزی‌پروری در سطح جهانی به‌میزان قابل توجهی رشد کرده است و سهم قابل توجهی ماهی را برای مصرف انسان تولید می‌کند (سهم ۸۷/۱ درصد در کشورهای در حال توسعه)، پیش‌بینی می‌شود که این روند افزایش هم‌چنان در دهه‌های آینده ادامه یابد (Tawariو Abowei، ۲۰۱۱). هم‌چنین این بخش کمک‌شایان توجه‌ای به امنیت غذایی، کاهش فقر و توسعه اقتصادی خواهد کرد (FAO، ۲۰۱۶). استفاده از رویکردهای تجزیه و تحلیل ریسک ناشی از پرورش آبزیان با حداقل تأثیر بر محیط‌زیست و حداکثر سود برای جامعه یکی از نگرش‌های سازمان خواروبار و کشاورزی است. به رسمیت شناختن نیاز دولت به سیاست‌های صحیح آبزی‌پروری به جهت رشد جمعیت، سطح راکد صید، افزایش تنوع تقاضای مصرف‌کننده، کاهش کیفیت محصولات آبزی، افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، کمبود زمین و منابع آبی و حمایت از کشاورزان در مقیاس کوچک، همگی چالش‌های عمده‌ای را برای این بخش به‌وجود آورده اند (Black، ۲۰۰۱). توسعه آبزی‌پروری به‌عنوان یک بخش تولید مواد غذایی نوظهور، برخی از خطرات محیط طبیعی و سلامت انسان را به‌همراه دارد که به تفصیل درمنابع مختلف مورد بحث قرار گرفته‌اند (FAO، ۲۰۱۶). علم استفاده از رویکردهای تجزیه و تحلیل ریسک برای شناسایی خطرات و ارزیابی و مدیریت خطرات محیط زیستی مرتبط با توسعه آبزی‌پروری بسیار جدید بوده و تنها دارای قدمتی ۲۰ ساله در جوامع بین‌المللی هستند. هدف از این بررسی شناسایی خطرات بالقوه محیط زیستی مربوط به پرورش آبزیان (ماهیان خاویاری) و ارائه طرح‌های کلی برای ارزیابی، مدیریت و برقراری ارتباط با خطر وارده بر محیط زیست ساحلی است. از مهم‌ترین گروه‌ها که تحقیقات ارزنده‌ای در زمینه ارزیابی اثرات و ریسک محیط‌زیستی صنعت آبزی‌پروری انجام داده‌اند FAO/ UNESCO-IOC / WMO / WHO / IAEA / UN / EPA/ UNEP GESAMP (گروه مشترک حمایت‌کننده از جنبه‌های علمی حفاظت از محیط زیست دریایی) است (Anon، ۲۰۰۶). تجزیه و تحلیل ریسک ابزاری برای درک این موضوع است که روش‌های مدیریتی به کجاها معطوف گردد تا این‌که بتواند اثرات بالقوه ناشی از فعالیت‌های انسانی را بر محیط کاهش دهد (Sharma و Kansal، ۲۰۱۳). ارزیابی خطر بخشی از روند تجزیه و تحلیل ریسک در نظر گرفته می‌شود و به‌طور گسترده‌ای برای سلامت انسان و محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد و از نظر دامنه و کاربرد بسیار متفاوت می‌باشد (Fairman، ۱۹۹۹). ارزیابی ریسک اکولوژیکی فرآیندی است که در آن به برآورد احتمالات و پیامدهای اثرات ناشی از فعالیت‌های انسان و یا فعالیت‌های طبیعی بر اکوسیستم اشاره دارد. در حقیقت ارزیابی ریسک اکولوژیک به بررسی خطرات ناشی از فعالیت‌ها تهدیدکننده بر روی گیاهان، جانوران و محیط‌زیست می‌پردازد (Franco و همکاران، ۲۰۱۷؛ منوری و همکاران، ۱۳۹۰؛ پناهنده، ۱۳۹۵) و این درحالی است که در ارزیابی ریسک بهداشتی نقطه نهایی سلامت انسان بوده و بررسی‌های سمیت شناسی در آن از اهمیت بالایی برخوردار است (Rico و Van، ۲۰۱۴). روش تجزیه و تحلیل خطر در زمینه مسائل محیطی‌زیستی در پرورش آبزیان و انواع اکوسیستم‌ها گسترده و متنوع است (Hambray و Southall، ۲۰۰۲). خطرات می‌تواند فیزیکی (مانند تابش)، بیولوژیکی (یک پاتوژن) و شیمیایی (مانند یک ماده سمی) باشند و پذیرنده‌ها نیز می‌توانند در ارزیابی ریسک متفاوت باشند (Boesten و همکاران، ۲۰۱۷). در ارزیابی ریسک اکولوژیک گیاهان و جانوران (Taranger، ۲۰۱۴) به‌عنوان مهم‌ترین گونه‌های هدف هستند که باید اثرات بر آن‌ها مورد بررسی قرار گیرند، غالباً برای بررسی خطر از گونه‌های منفرد و یا چند گونه استفاده می‌گردد و آن موجود به‌عنوان نقطه پایانی در ارزیابی انتخاب می گردد (US EPA، ۱۹۹۸). علاوه بر این‌که می‌توان از گونه‌ها به‌عنوان نقطه پایانی استفاده کرد ارزش‌های محیطی هم می‌توانند به این عنوان مورد استفاده قرار گیرند. به جهت این‌که طیف وسیعی از پذیرنده‌ها از انسان تا اکوسیستم در ارزیابی ریسک محیط زیستی ناشی از صنعت آبزی‌پروری درگیر هستند به‌همین دلیل این نوع ارزیابی از پیچیدگی بالایی برخوردار است. زیربنای تمام ارزیابی‌های خطر عبارتند از: فرموله کردن مشکل، شناسایی خطر، ارزیابی انتشار، ارزیابی مواجهه، ارزیابی خطر و برآورد ریسک. پروتکل‌های شناخته شده‌ای در زمینه تجزیه و تحلیل ریسک ناشی از صنعت آبزی‌پروری وجود دارد و به‌عنوان ابزاری برای سلامت و مدیریت زیست‌محیطی و تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمونه‌هایی از پروتکل‌های تجزیه و تحلیل خطر مربوط به سازمان بهداشت حیوانات است (OIE) که به بیماری‌های حیوانات آبزی و بهداشت و اصول و دستورالعمل‌های مربوط به انجام میکروب‌شناسی و سایر ایمنی‌های غذایی اشاره دارد. هم‌چنین سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد / سازمان بهداشت جهانی (FAO / WHO Codex Alimentarius) نیز پروتکل‌های تجزیه و تحلیل ریسک زیست محیطی را مرتبط با تأثیرات معرفی گونه‌های عجیب و غریب، ارگانیسم‌های اصلاح شده ژنتیکی، آلودگی باقی‌مانده را درنظر گرفته که رویکردهای اصولی برای ارزیابی ریسک محیط‌زیستی بیان کرده است. این رویکردها بسته به خطرات مورد تجزیه و تحلیل در صنعت آبزی‌پروری قابل اجرا است. در صنعت آبزی‌پروری خیلی کم از رویکرد ارزیابی ریسک استفاده شده است (Holsman و همکاران، ۲۰۱۷؛ Corsi و همکاران، ۲۰۰۵). به‌جز خطراتی که در آن سلامت انسان و برخی از حیوانات شاخص مطرح است. از کشورهایی که در این زمینه پیشگام است استرالیا است. در کشورهای در حال توسعه

نیاز به ابزارهای جدید برای مدیریت محیط زیست از پرورش آبزیان مورد تأکید قرار گرفته است. در حال حاضر بسیاری از تکنیک‌های ارزیابی ریسک در صنعت مذکور نیازمند مهارت انسانی و دسترسی به امکانات (اطلاعات) است که در کشورهای‌در حال توسعه بسیار محدود است(Taranger، ۲۰۱۴).برای ارزیابی‌ریسک‌اکولوژیک‌ناشی از صنعت آبزی‌پروری‌یک‌تیم‌چندرشته‌ای متشکل از یک‌دانشمندعلوم اجتماعی و متخصصانی با مهارت‌هایی شامل محیط‌زیست، زیست‌شناسی، هیدرولوژی، کیفیت آب، شیمی محیط، شیلات، سموم زیست‌محیطی، آمار و مدل‌سازی مورد نیاز است (Franco و همکاران ، ۲۰۱۷). در بررسی حاضر ارزیابی ریسک اکولوژیک سایت پرورش ماهیان خاویاری مرکز مروارید قروق تالش با رویکرد نیمه کمی انجام گرفت. با توجه به اهمیت صنعت آبزی‌پروری به‌ویژه پرورش ماهیان خاویاری از بسیار جنبه‌ها در استان و کشور و هم‌چنین اهمیت حفاظت از محیط زیست دریای خزر و رودخانه های منتهی به آن و نقش آن در حفظ حیات انسان، علی‌الرغم نبود اطلاعات و داده‌های کافی در مطالعه حاضر به معرفی‌رویکردی‌نیمه‌کمی‌برای‌ارزیابی‌ریسک‌اکولوژیک ناشی‌از صنعت نامبرده بر محیط‌زیست منطبق بردستورالعمل‌های استانداردد‌ر جوامع بین‌المللی پرداخته‌شده است که‌می‌تواند‌با‌توجه‌به گستردگی تهدایدات، متفاوت‌بودن نقاط پایانی در سایت‌های متفاوت از طریق اصلاح رویکرد به سایت‌های دیگر نیز تعمیم داده شود چه بسا که نتایج چنین ارزیابی‌هایی مسیرها را برای مدیران و ذی‌نفعان به‌منظور مدیریت ریسک و کاهش تهدیدات ناشی از صنایع مورد نظر و افزایش سود اقتصادی و کاهش اثرات سوء محیط زیستی هموار سازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: مرکز پرورش ماهیان خاویاری مروارید در روستای‌قروق درشهرستان‌تالش قرارگرفته است. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در ۳۲ درجه و ۱۹ دقیقه و ۶۹ ثانیه طول شرقی و ۴۱ درجه ۸۹ دقیقه و ۴۲ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته و مساحت کل منطقه ۱۱۸۵۰ مترمربع با زیربنا ۸۱۶۰ مترمربع است. منطقه مذکور در نزدیکی دو اکوسیستم با ارزش دریایی (دریای خزر) و رودخانه‌ای (کرگانرود) واقع گردیده است.

ماهیان مورد پرورش: دو نوع از مهم‌ترین ماهیان خاویاری ازون‌برون و فیل‌ماهی در مرکز مذکور پرورش داده می‌شوند.

ازون‌برون (دراکول، سوروگا) *Acipenser stellatus*: ازون‌برون دارای بدنی کشیده و پوزه‌ای باریک و دراز می‌باشد. وجه تمایز ازون‌برون با دیگر گونه‌های ماهیان خاویاری پوزه بسیار دراز می‌باشد که مسطح و نوک آن به سمت بالا خم می‌باشد. لب پایینی پوسته نیست و دارای بریدگی در وسط آن می‌باشد. فرم شمال دریای خزر که فرم معمولی آن است و فرم جنوبی دریایی خزر *A. stellatus cyrensis* که از لحاظ ژنتیکی و فصل تخم‌ریزی با هم متفاوتند. غذای اصلی ازون‌برون سخت‌پوستان و کرم‌ها هستند.

فیل‌ماهی *Huso huso*: فیل‌ماهی دارای بدن حجیم و دوک مانند بوده و به سمت دم از ارتفاع آن کاسته می‌شود، تا جایی‌که ماهی‌های بزرگ گوژپشت به‌نظر می‌رسند.دهان، بزرگ و هلالی شکل است و تا لبه‌های شکمی–جانبی سر کشیده شده است. لب پایین چاکدار است. این ماهی در حوضه دریای سیاه، آزوف و خزر زندگی کرده و جهت تولید مثل به رودخانه‌هایی مثل ولگا، سفیدرود و گرگانرود مهاجرت می‌کند. این ماهی از نظر شیلاتی اهمیت فراوانی دارد و خاویار آن از نوع درجه ۱ محسوب می‌شود.

شکل ۱: تصویر ماهواره‌ای موقعیت مرکز پرورش مروارید در روستای قروق (تهیه کننده: مرکز پرورش مروارید)

روش کار: بررسی‌ریسک‌اکولوژیک‌با‌رویکردنیمه‌کمی MWAZN (Mid-West Aquaculture Development Zone) ازجمله مهم‌ترین کشورهای پیشگام برای ارزیابی ریسک ناشی از صنعت آبزی‌پروری بر محیط‌زیست کشورهای استرالیا، کانادا، نروژ و نیوزلند است. در بررسی حاضر از رویکرد ارزیابی ریسک نیمه‌کمی مطرح‌شده در وزارت شیلات کشور استرالیا که در آوریل ۲۰۱۲ مورد تایید آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) قرار گرفت استفاده شده است، EPA طرح را به عنوان یک الگوی استراتژیک برای ارزیابی ریسک اکولوژیک ناشی از آبزی‌پروری بر محیط زیست برای بسیاری از سایت‌های پرورش قابل استفاده عنوان کرده است. در این ارزیابی معیارهایی برای برآورد نیمه کمی‌خطر و سنجش‌ریسک درنظر گرفته‌شده است. این روش هنگامی که اطلاعات مربوط به اثرات و مواجهه محدود باشد و یا به سادگی به‌صورت کمّی نتوان آن‌ها را بیان نمود، بسیار متداول است. اصول ارزیابی‌های ریسک محیط زیستی بر پایه شناسایی مشکل، ارزیابی مواجهه و تخمین اثرات و خطر و در نهایت تحلیل ریسک که ریسک به‌عنوان تابعی ازاحتمال و تاثیر تعریف می‌گردد. با توجه به رویکرد

مورد نظر مهم‌ترین عوامل تنش‌زای ناشی از صنعت‌مذکور در سه تیپ عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک شناسایی شدند. بدین‌منظور علاوه بر استفاده از مدارک، اسناد و دستورالعمل‌های موجود در این زمینه با استفاده از بازدیدهای میدانی از منطقه و دریافت اطلاعات از ذی‌نفعان صنعت مذکور ابتدا شناسایی مهم‌ترین عوامل تنش‌زا و مهم‌ترین شاخص‌های محیط زیستی (نقاط پایانی یا End point: گونه جانوری یا گیاهی و یا یک ارزش محیط زیستی) انجام گرفت. در قدم بعدی به‌منظور بررسی اثرات عوامل تنش‌زای بر نقاط پایانی منتخب شواهد مورد ارزیابی قرار گرفتند. از این شواهد می‌توان تغییرکیفیت آب ورودی و خروجی مزرعه پرورش در مقایسه پارامترها با حد استاندارد (مصوب سازمان محیط زیست) برای حفاظت محیط زیست آبی، وجود انواع بیماری‌های ماهیان مورد پرورش و پتانسیل انتقال آن و باقی‌مانده مواد دارویی و مواد ضدعفونی در آب ... اشاره کرد. در گام بعدی به وزن دهی به شواهد پرداخته شد. قضاوت‌ها با توجه به معیارهای استاندارد، اطلاعات جمع‌آوری شده از صنعت مذکور و تبحر ارزیابان در بحث تخصصی و علمی در رشته‌های مختلف انجام گرفته است. در نهایت با توجه به این‌که مدیریت ریسک فرایندی شامل دو فاز اصلی تخمین ریسک (شامل شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی ریسک) و کنترل ریسک (شامل برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، برنامه‌ریزی نظارت ریسک و اقدامات اصلاحی) است و اهداف مدیریتی حفظ ارزش‌های اکولوژیک هستند که حفاظت از آن‌ها برای بقاء یک اکوسیستم حائز اهمیت هستند براساس رتبه‌های اخذشده اقدامات‌مدیریتی در صنعت مذکور پیش بینی گردید.

جدول۱: استاندارد کیفیت آب برای حفاظت محیط زیست (اکوسیستم آبی)

پارامتر	گروه۱*	گروه ۲*
دما (درجه سلسیوس)	۱/۵	۳
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	حداقل در ۵۰ درصد مواقع ۹ میلی‌گرم بر لیتر یا ۹۰ درصد اشباع و بیش‌تر و در ۱۰۰ درصد مواقع ۷ میلی‌گرم بر لیتر یا ۷۰ درصد اشباع و بیش‌تر	حداقل در ۵۰ درصد مواقع ۸ میلی‌گرم بر لیتر یا ۸۰ درصد اشباع و بیش‌تر و در ۱۰۰ مواقع ۸ میلی‌گرم بر لیتر یا ۵۰ درصد اشباع و بیش‌تر
پ- هاش	۹-۶	۹-۶
جامدات معلق (میلی‌گرم بر لیتر)	کم‌تر از ۲۵	کم‌تر از ۲۵
BOD5 (میلی‌گرم بر لیتر)	کم‌تر از ۲۵	کم‌تر از ۲۵
فسفر کل (میلی‌گرم بر لیتر)	کم‌تر از ۰/۰۶۵	کم‌تر از ۰/۱۳
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	کم‌تر از ۰/۰۱	کم‌تر از ۰/۰۳
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	کم‌تر یا مساوی ۰/۰۲۵	کم‌تر یا مساوی ۰/۰۲۵
آمونیوم کل (میلی‌گرم بر لیتر)	کم‌تر یا مساوی یک	کم‌تر یا مساوی یک

*(گروه ۱: اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان سردآبی، گروه۲ اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان گرم آبی)

جدول ۲: رتبه‌بندی ریسک براساس رویکرد MWAZN (با اقتباس از Fletcher و همکاران ۲۰۱۴)

سطح	نمره	توصیف ریسک
ناچیز	۰	اثرات خیلی ناچیز و بعید برای سنجش در مقیاس ذخایر/اکوسیستم/جامعه
کم	۱	احتمالا قابل تشخیص اما با کم‌ترین اثرات بر ساختار /عملکرد و یا دینامیک
میانه	۲	حداکثر سطح قابل قبول و مناسب اثر
شدید	۳	این سطح نتایج آن بسیار عمیق‌تر و طولانی‌مدت‌تر است (مانند افزایش شکوفایی جلبکی)
بالا	۴	اثرات خیلی جدی با نسبت زمان طولانی (مانند نیاز مبرم داشتن به احیا و بازسازی برای یک سطح قابل قبول)
مصیبت بار	۵	خسارت‌های گسترده و دائمی(مانند انقراض)

جدول ۳: تعریف احتمال در ارزیابی ریسک براساس رویکرد MWAZN (با اقتباس از Fletcher و همکاران، ۲۰۱۴)

سطح	نمره	تعریف احتمال
جزئی	۱	خیلی سخت اما غیر ممکن نیست
نادر	۲	ممکن است در موارد خاص اتفاق افتد
بعید	۳	غیر عادی اما در جای دیگر مشاهده شده است
ممکن	۴	تعدادی شواهد بر این‌که این‌جا امکان رخ دادن است وجود دارد
مناسب	۵	ممکن است رخ دهد
محتمل	۶	انتظار می‌رود که رخ دهد

جدول ۴: ماتریس ریسک: تعداد طبقه‌ها برای ارزش ریسک در ارزیابی با رویکرد MWAZN (با اقتباس از Fletcher و همکاران، ۲۰۱۴)

رتبه‌بندی ریسک		شدت					
	نمره	ناچیز ۰	کم ۱	میانه ۲	شدید ۳	بالا ۴	مصیبت بار ۵
جزئی	۱	۰	۱	۲	۳	۴	۵
نادر	۲	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰
بعید	۳	۰	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
ممکن	۴	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰
مناسب	۵	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
محتمل	۶	۰	۶	۱۲	۱۸	۲۴	۳۰

جدول۵: پیشنهاد برای رتبه‌بندی ریسک و خروجی‌ها براساس رویکرد ارزیابی MWAZN (با اقتباس از Fletcher و همکاران، ۲۰۱۴)

رتبه‌بندی ریسک	ارزش‌ها	پاسخ مدیریتی	نیاز به گزارش‌دهی با احتمال بالا
ناچیز	۰	خنثی	تنها توجیه کوتاه مورد نیاز است
کم	۶-۱	هیچ نوع مدیریتی نیاز نیست	توجیه کلی مورد نیاز است
میانه	۱۲-۷	بدون انجام اقدامات مدیریتی مستقیم و خاص و با نظارت مستمر در بازه‌های زمانی مشخص تا حدی قابل قبول است	گزارش کلی اجرا مورد نیاز است
شدید	۱۸-۱۳	قابل قبول با مدیریت خاص و مستقیم و نظارت مستمر	گزارش کلی اجرا مورد نیاز است
بالا	۱۹>	غیر قابل قبول مگر این‌که اقدامات مدیریتی دیگری انجام گیرد که این ممکن است شامل یک استراتژی با رویکرد بهبودی و نظارت و پایش مستمر باشد	گزارش کلی اجرا مورد نیاز است

نتایج

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع و بازدیدهای میدانی مهم‌ترین عوامل تنش‌زا ناشی از صنعت مذکور که می‌تواند دارای پتانسیل خطر برای اکوسیستم‌های تحت مواجهه باشد تهیه گردید که در جدول ۶ آورده شده است. مهم‌ترین اکوسیستم‌هایی که تحت اثر این صنعت قرار گرفته‌اند می‌توان به رودخانه کرگانرود و در سطح بعدی دریای خزر اشاره کرد.

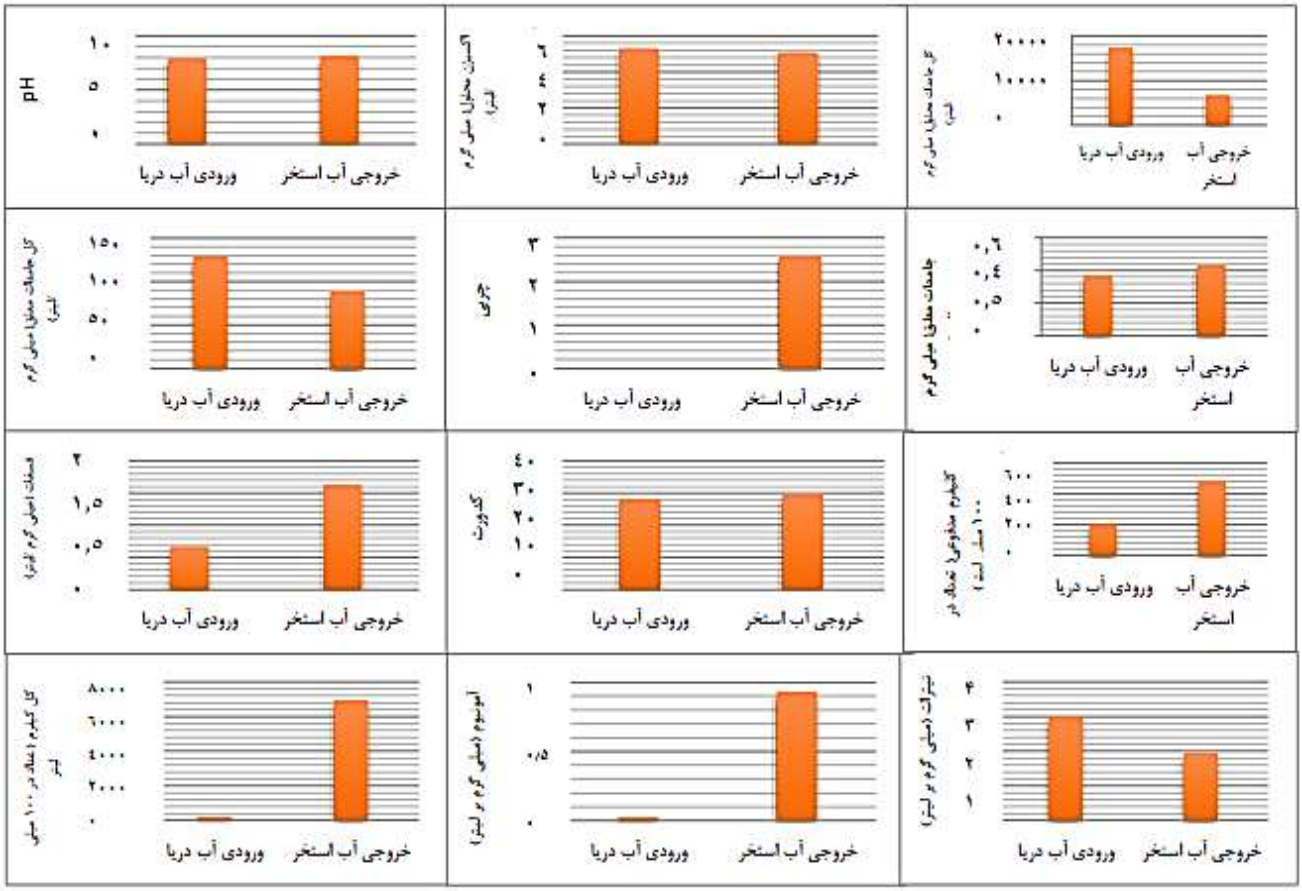
بررسی شواهد

کیفیت آب ورودی و خروجی: در بررسی اثرات صنعت مذکور بر اکوسیستم‌های پذیرنده یکی از مهم‌ترین شواهد تغییر کیفیت آب محیط پذیرنده به‌واسطه ورود پساب ناشی از صنعت مذکور می‌باشد که در شرایط حادی می‌توان این شواهد را به‌صورت حتی مرگ و میر موجودات و یا بوی بد ایجاد شده و یا حتی تغییر رنگ آب مشاهده کرد. در بررسی حاضر اگرچه در آب ورودی و خروجی مزرعه ماهیان خاویاری مروارید قرق تالش در اکثر فاکتورها براساس آزمون تی- استیودنت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ولی مقدار اکسیژن محلول، کل مواد جامد معلق، و نیترات در آب ورودی بیش از آب خروجی و هم‌چنین پ‌هاش، کل مواد جامد محلول، کدورت، توتال کلی‌فرم و فکال کلی‌فرم، فسفات و آمونیوم در آب ورودی کم‌تر از آب خروجی بود (شکل۲) (P>۰/۰۵). در همین حال اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز بیولوژیک در آب ورودی بیش از آب خروجی بوده و آزمون تی- استیودنت دارای تفاوت معنی‌دار بودند (P<۰/۰۵) کاهش سطح اکسیژن، افزایش مواد آلی و هم‌چنین افزایش محتوای مواد مغذی در آب خروجی می‌تواند بر محیط پذیرنده بسیار اثرگذار باشد. البته برای بررسی‌های دقیق‌تر به‌دلیل این‌که اولین سطح اثر رودخانه است به جهت بررسی میزان اثرگذاری این پارامترها بر اکوسیستم آبی پذیرنده بررسی توان خود پالایی رودخانه بسیار الزامی می‌باشد.

وجود پاتوژنها در پساب و آب پذیرنده: یکی دیگر از شواهد ورود عوامل بیماری‌زا و پاتوژن‌ها از محیط پرورش به جهت انتقال از طریق زائدات ماهیان بیمار (مدفوع و ...) به محیط پذیرنده و اثر بر جوامع زیستمند آن است چرا که در محلهای پرورش مورد بررسی بیماری‌های چون اسکولیوسیس، ادم، زخم خارجی در ناحیه شکمی ماهیان، زخم‌های سطحی بر روی پوست سر و آبشش، نئوپلازی، ضایعه کورک مانند در ساقه دمی ماهیان خاویاری پرورشی مشاهده گردید (شکل ۳).هم‌چنین سطح بالای کلی‌فرم کلی در پساب خروجی مزارع می‌تواند در اثرگذاری عوامل میکروبی و بیماری‌زایی مطرح باشد. به‌منظور دسترسی به شواهد محرض‌تر در اکوسیستم پذیرنده بررسی سلامت موجودات و هم‌چنین کیفیت میکروبی آب محیط پذیرنده می‌تواند بسیار یاریگر باشد.

جدول۶ : طبقه‌بندی عوامل تنش‌زای مرتبط با پرورش ماهیان خاویاری بر محیط پذیرنده و منابع ایجاد آن

عوامل تنش‌زا	منابع	فرآیندها	اثرات احتمال
افزایش بار مواد آلی	مواد مدفوعی ماهی خوراک تغذیه نشده ماهی بقایای موجودات زیستی در رسوب مرگ و میر ماهیان تجزیه شده و محصولات فرآوری ضایعات برداشت خون	نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون	افزایش سمیت و تجمع، بیماری و مرگ موجودات آبزی
افزایش بار مواد معدنی	افزایش نیتروژن و فسفر از محصولات دفعی ماهی عناصر کمیاب و ریز مغذی‌ها (به‌عنوان مثال، ویتامین‌ها) در مواد مدفوع ماهی و غذای خورده نشده	یوتریفیکاسیون	کاهش نور، کاهش اکسیژن افزایش اسیدیته خفگی، سمیت و مرگ جانداران حساس و آسیب پذیر
باقی‌مانده فلزات سنگین	ترکیبات روی در مواد مدفوع ماهی ترکیبات روی در غذای خورده نشده ترکیبات مس در تیمارهای ضدعفونی کننده	تجمع وسمیت	ایجاد بیماری و یا مرگ در اثر مواجهه طولانی مدت موجودات محیط‌های پذیرنده و در سطح بعدی مصرف کنندگان از آن‌ها
عوامل بیماری‌زا	عوامل بیماری‌زای انگلی عوامل بیماری‌زای بومی	ایجاد بیماری	مرگ موجودات حساس
درمان از طریق تلقیح درمان در خوراک درمان در حمام باقی‌مانده داروها و مواد ضدعفونی	آفت‌کش‌ها کودها سموم ویتامین ها آنتی بیوتیک‌ها	تغییر کیفیت آب رودخانه و دریا کیفیت خاک منابع آب زیزمینی	ایجاد سمیت در موجودات محیط‌های پذیرنده ایجاد مقاومت به عوامل بیماری‌زا افزایش گونه‌های فرصت‌طلب ایجاد جهش ژنتیکی در موجودات تغییر در ساختار جمعیتی موجودات
تغییر در دما، تغییر PH، کدورت، شوری، سرعت جریان آب	منابع تامین کننده آب مزارع پرورش	تغییر در کیفیت شیمیایی فیزیکی و بیولوژیک محیط پرورش ماهی	اثر مستقیم برسلامت‌ماهی پرورشی و اثر برشدت‌عوامل تنش‌زای مطرح در طرح به‌واسطه بروز بیماری ماهی، مرگ و میر ماهی و تغییرات رفتاری ماهی و کیفیت آب محیط پرورش



شکل ۲: نمودار مقایسه پارامترهای کیفی در آب ورودی و خروجی مزرعه پرورش قروق در دوره زمان مورد بررسی

شکل ۳: بروز انواع بیماری‌ها در ماهیان خاویاری مورد پرورش در سایت قروق به‌عنوان شاهد وجود عوامل بیماری‌زا و اثرات آن بر اکوسیستم‌های تحت تاثیر (عکس از نگارنده)

داروهای شیمیایی، آنتی‌بیوتیک‌ها، کودها و مواد ضدعفونی کننده در پساب: یکی دیگر از شواهدی که می‌توان به آن اشاره کرد محتوای درمانگرها و مواد ضدعفونی در پساب مزرعه مورد نظر و تاثیر سمیت آن بر موجودات اکوسیستم‌پذیرنده به‌جهت استفاده غیراصولی و غیراستاندارد است. در بسیاری از منابع ریسک این مواد بسیار قابل توجه بوده چرا که برخی از این مواد می‌توانند در شرایط حاد علاوه بر اثر سمیت، مرگ و میر موجودات را به‌ویژه در اکوسیستم‌های حساس و آسیب‌پذیر و یا افزایش برخی از گونه‌های فرصت‌طلب و مقاوم را به‌دنبال داشته باشد. در صنعت مذکور نیز به ناچار از برخی از این مواد به‌منظور درمان بیماری‌ها و هم‌چنین ضدعفونی‌ها و یا افزایش سرعت روند رشد ماهیان استفاده می‌گردد که در جدول ۷ به آن اشاره شده است.

جدول ۷: مهم‌ترین موادی که در سایت مورد نظر به‌عنوان درمانگر و مواد ضدعفونی‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد

ماده ضدعفونی	نوع ماده ضدعفونی	مورد مصرف
اسید استیک	ترکیب آلی	قارچ‌کش و باکتری‌کش
کلرآمین	ترکیب آلی	ضدعفونی کننده
کلر	گاز غیر آلی	ضدعفونی کننده
سولفات مس	ترکیبات غیر آلی	باکتری‌کش- انگل‌کش
کریستال ویوله	ماده رنگی آلی	قارچ‌کش
فسفات اریترومایسن	آنتی بیوتیک	باکتریو استات برای کنترل بیماری‌های باکتریایی در تخم‌های ماهی
فرمالین	گاز آلی در آب	تک یاخته‌کش، انگل‌کش و قارچ‌کش
متیلن بلو	ماده رنگی آلی	انگل‌کش
مترونیدازول	ترکیب آلی	تک یاخته‌کش
کلریدسدیم	ترکیب طبیعی	باکتری‌کش ، قارچ‌کش و انگل‌کش

تجزیه و تحلیل شواهد به‌دست آمده و بررسی ریسک: با توجه‌به عوامل تنش‌زای منتخب و شواهد به‌دست آمده ازمرکز پرورش ماهیان خاویاری و محیط پذیرنده با توجه به رویکرد ارزیابی تعریف شده به تحلیل شواهد پرداخته می‌شود که نتایج آن در جداول ۸ تا ۱۳ بیان شده است. در این جداول به توصیف عامل تنش‌زا، سطح اثر، و بررسی ریسک که از حاصل‌ضرب احتمال در شدت خطر به‌دست می‌آید پرداخته شد.

جدول ۸: افزایش مواد آلی

توصیف	افزایش مواد آلی و ورود آن به محیط پذیرنده باعث ایجاد مشکلاتی در کیفیت آب و سلامت موجودات زیستمند در آب می‌گردد
سطح اثر	سطح اول اکوسیستم رودخانه، سطح دوم اکوسیستم دریای خزر

ارزیابی ریسک اکولوژیک

سازمان /شخص	شدت	احتمال	ارزش ریسک	رتبه بندی ریسک
ارزیاب	۳	۴	۱۲	میانه

جدول۹: افزایش مواد غیرآلی (مواد مغذی)

توصیف	افزایش مواد مغذی در محیط پذیرنده باعث شکوفایی جلبکی، کاهش نفوذ نور به اعماق هم‌چنین خفگی و مرگ موجودات زیستمند در اکوسیستم پذیرنده می‌گردد.
سطح اثر	سطح اول اکوسیستم رودخانه، سطح دوم اکوسیستم دریای خزر

ارزیابی ریسک اکولوژیک

سازمان /شخص	شدت	احتمال	ارزش ریسک	رتبه بندی ریسک
ارزیاب	۳	۴	۱۲	میانه

جدول ۱۰: باقی‌مانده فلزات سنگین

توصیف	افزایش مقدار فلزات سنگین که بیش‌تر روی و مس موجود در مدفوع ماهی،خوراک خورده نشده و مواد ضدعفونی است می‌تواند در مقدار زیاد بر اثر مواجهه طولانی مدت با موجودات بر اثر خاصیت افزایش دسترسی زیستی و تجمع در عضله موجودات باعث سمیت موجودات گردد.
سطح اثر	سطح اول اکوسیستم رودخانه، سطح دوم اکوسیستم دریای خزر

ارزیابی ریسک اکولوژیک

سازمان /شخص	شدت	احتمال	ارزش ریسک	رتبه بندی ریسک
ارزیاب	۲	۴	۸	میانه

جدول ۱۱: انتقال عوامل بیماریزا به محیط پذیرنده

توصیف	آبزی‌پروری متراکم و عدم رعایت بهداشت و ضعف مدیریتی در این زمینه باعث انتقال عوامل بیماری‌زا به محیط پذیرنده و حتی گسترش در محیط پرورش و انتقال آن به دیگر ماهیان و انسان می‌گردد.
سطح اثر	محیط پرورش ، انسان، رودخانه و دریا

ارزیابی ریسک اکولوژیک

سازمان /شخص	شدت	احتمال	ارزش ریسک	رتبه بندی ریسک
ارزیاب	۴	۵	۲۰	بالا

جدول ۱۲: افزایش سطح درمانگرها (داروها، مواد شیمیایی، کودها، آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد ضدعفونی)

توصیف	مواد مورد نظر در سطح وسیع باعث تغییر کیفیت آب پذیرنده و ایجاد سمیت در موجودات آبزی می‌گردد.
سطح اثر	سطح اول رودخانه، سطح دوم اکوسیستم دریای خزر

ارزیابی ریسک اکولوژیک

سازمان /شخص	شدت	احتمال	ارزش ریسک	رتبه بندی ریسک
ارزیاب	۳	۴	۱۲	شدید

جدول ۱۳: تقلیل کیفیت آب محیط پذیرنده

توصیف	عدم توجه به مدیریت صحیح در آبزی‌پروری منجر به کاهش کیفیت آب خروجی از جهت بسیاری از پارامترها می‌گردد که خود اثراتی را بر اکوسیستم‌های پذیرنده و کارگران و محیط پرورش خواهد داشت که صنعت را با ریسک بزرگ ناامنی از بسیاری جنبه‌ها مواجه خواهد کرد.
سطح اثر	سطح اول رودخانه، سطح دوم اکوسیستم دریای خزر

ارزیابی ریسک اکولوژیک

سازمان /شخص	شدت	احتمال	ارزش ریسک	رتبه بندی ریسک
ارزیاب	۳	۵	۱۵	شدید

بحث

امروزه با توجه به روند افزایشی رشد جمعیت جهان و نیاز انسان به منابع پروتئینی سالم، صنعت آبزی‌پروری یکی از راه‌هایی خواهد بود که‌در تأمین پروتئین موردنیاز نقش مهمی ایفاکند، توسعه آبزی‌پروری درکشور یک‌ضرورت اقتصادی است‌زیرا ذخایرطبیعی آبزیان‌درآب‌های داخلی نه امروز و نه در آینده به هیچ‌وجه جوابگوی تقاضا نخواهند بود هم‌چنین در شرایط کنونی که موضوع اشتغال‌درجامعه بسیار پراهمیت است، چون آبزی‌پروری می‌تواند زاینده فرصت‌های شغلی مولد و ارزش افزوده باشد (رضاخانی و همکاران، ۱۳۹۹). در بررسی حاضر که از روش ارزیابی نیمه‌کمی برای بررسی ریسک اکولوژیک ناشی از پرورش ماهی در مزرعه استفاده گردید خطرات کلی کلیدی به‌شرح زیر پیش بینی شد: با وجود شواهد به‌دست آمده از انواع بیماری‌ها در ماهی‌های خاویاری مرکز پرورش و پتانسیل ریسک پیش‌بینی شده که در حد بالا است انتقال عوامل بیماری‌زا از محیط آلوده به اکوسیستم پذیرنده و انسان بسیار قابل توجه است که باید تمامی استانداردهای بهداشتی در این زمینه مورد توجه قرار گیرد. اثر انتقال عوامل بیماری‌زا، بالقوه برای محیط‌زیست به‌ویژه برای صنعت‌پرورش‌ماهی یک نگرانی اساسی است (Snow و همکاران، ۲۰۱۰) اگرچه تأثیر انتقال این عوامل به گونه‌های وحشی در نزدیکی مزارع هم‌چنان بحث برانگیز است زیرا

شواهد بسیار کمی در این مورد وجود دارد (Lafferty و همکاران، ۲۰۱۵). عدم توجه به این بخش اثرات جبران‌ناپذیری را جهت انتقال انگل به موجودات به‌دنبال خواهد داشت (Serra-Llinares و همکاران، ۲۰۱۴). بر طبق دستورالعمل‌های مدیریت ریسک چنین خطری که در بررسی حاضر در حد بالا نتیجه‌گیری شد غیرقابل قبول بوده مگر این‌که اقدامات مدیریتی دیگری انجام گیرد که این ممکن است شامل یک استراتژی با رویکرد بهبود و نظارت و پایش مستمر باشد. توجه به سیستم پرورش از جهت تراکم ماهی، بررسی کیفیت میکروبی و انگلی آب ورودی به محل پرورش (دریا و چاه)، پایش فاکتورهای میکروبی در آب پذیرنده، شناسایی گونه‌های عجیبی و غریب عوامل بیماری‌زا، بررسی دقیق بیماری ماهیان و شناسایی بیماری‌های مشترک انسان و ماهی از مهم‌ترین پیشنهادات برای مدیریت خطرات وارده از این نوع از عوامل تنش‌زاست (Snow و همکاران،۲۰۱۰). استفاده از مواد دارویی و ضدعفونی کننده در سطح وسیع باعث تغییر کیفیت آب پذیرنده و ایجاد سمیت در موجودات آبزی می‌گردد (GESAMP، ۲۰۰۸)، در صنعت مذکور نیز با توجه به کاربرد انواع مختلف این مواد پتانسیل ریسکی در حد شدید ارزیابی گردید که چنین نتایجی در مطالعات Van den bogaard و Stobberingh (۲۰۰۰)، Hossain و همکاران (۲۰۱۷) Kim و همکاران (۲۰۱۷) نیز مشاهده شده است. پیشنهاد می‌گردد به‌منظور افزایش دقت ارزیابی علاوه بر شواهد موجود که‌از بررسی کیفیت آب‌خروجی ناشی می‌شود فراوانی و تنوع موجودات زیستمند آسیب‌پذیر (بیومارکرها)، فراوانی و جمعیت گونه‌های فرصت طلب در محیط پذیرنده، جهش‌های ژنتیکی در موجودات به‌عنوان شاخص مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان تصمیمات مدیریتی صحیح را در دوران بحرانی برای تخفیف ریسک اعمال کرد. دیگر خطرات شناسایی شده از صنعت مذکور بر اکوسیستم ساحلی عمدتاً نیز در حد میانه پیش‌بینی شدند چرا که در صنعت مذکور اولین سطحی که عوامل تنش‌زا بر آن اثرگذار است رودخانه کرگانرود است که به جهت توان خودپالایی رودخانه می‌توان اظهار کرد که مقداری از شدت اثرات تخفیف می‌یابد از مهم‌ترین شواهد اثرات افزایش مواد آلی در محیط پذیرنده کاهش اکسیژن محلول و اثر بر موجودات کفزی است. Kutti و همکاران (۲۰۰۷)و Taranger و همکاران (۲۰۱۴)نیز در بررسی‌های خود به چنین نتایج مشابهی رسیدند. افزایش سطح نیتروژن و فسفر نیز در آب پذیرنده شکوفایی جلبکی و اثر بر موجودات در محیط آبی و بستر را به‌همراه دارد. هم‌چنین در بررسی حاضر فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های مختلف در صنعت پرورش ماهیان خاویاری از پتانسیل ریسک در حد میانه برخوردار است. خطرات مذکور بدون انجام اقدامات مدیریتی مستقیم و نظارت مستمر در بازه‌های زمانی مشخص تا حدی قابل قبول است البته به جهت اثرات مزمن این عوامل در طولانی مدت و بر اکوسیستم پذیرنده و هم‌چنین تفاوت شدت اثرات در فصول مختلف پیشنهاد می‌گردد که نظارت مستمر این پارامترها بر طبق استانداردهای موجود انجام گیرد. چنین نتایجی از عوامل تنش‌زای مذکور در بسیاری از منابع مود بحث قرار گرفته اند (Hindar، ۲۰۰۶؛ Black، ۲۰۰۱؛ Taranger و همکاران، ۲۰۱۴؛ Asche و همکاران ۱۹۹۹؛ Naylor، ۱۹۹۸؛ GESAMP، ۲۰۰۱). پیشنهاد می‌گردد به منظور ارزیابی تهدیدات وارده از صنعت پرورش ماهیان خاویاری بر اکوسیستم‌های مجاور پارامترهای کیفی آب خروجی مرکز پرورش به‌صورت فصلی، توان خودپالایی رودخانه، تغییرات تنوع و فراوانی موجودات در اکوسیستم پذیرنده شاخص‌های شکوفایی (کلروفیل a) حتی‌المقدور در دوره‌های زمانی مشخص مورد بررسی قرار گیرد. چارچوب های مختلف راهنما به‌منظور تجزیه و تحلیل خطر و ریسک بسیار مفید می‌باشند (GESAMP، ۲۰۰۸) با این‌حال، تعدادی از محدودیت‌ها در این میان مطرح می‌باشند. خطرات احتمالی آبزی پروری و تأثیرات آن به گونه‌ها، سیستم پرورش و شیوه‌های مدیریت عملیات و سایر موارد غیرفنی وابسته است. بررسی احتمال بروز عواقب نامطلوب خطرات دشوار است، با توجه به محدودیت دانش‌های موجود در این زمینه و کمبود ابزار به‌ویژه در کشورهای جهان سوم، کم‌سازی آن‌ها بسیار سخت و برخی اوقات ناممکن است. طیف گسترده‌ای از خطرات زیست‌محیطی مربوط به آبزی‌پروری به مجموعه وسیعی از ابزارها نیاز دارد. هم‌چنین ارزیابی ریسک به مهارت و دانش تخصصی ارزیابان و هم‌چنین همکاری مجموعه‌ای از متخصصین رشته‌های مختلف نیازمند است تجزیه و تحلیل دقیق ریسک در پرورش آبزیان نیازمند تحلیل روابط علی بین عوامل تنش‌زا و پذیرنده‌هاست. در موضوعاتی چون ارزیابی ریسک ناشی از صنعت آبزی‌پروری مجموعه‌ای از ذی‌نفعان از سهام‌داران دولت و صنعت گرفته درگیر هستند. به‌همین دلیل برای سایت‌های بسیار حساسی چون نواحی ساحلی ارزیابی صحیح و اتخاذ تمامی تدابیر مدیریتی بهینه الزامی است و پیشنهاد می‌گردد که به جهت ارزیابی و مدیریت ریسک اطلاعات جامع از تمامی عوامل تهدید کننده و اثرات آن‌ها منطبق با دستورالعمل‌های راهنما قدم به قدم شناسایی شده و تیم متخصصی از رشته‌های مختلف برای این ارزیابی تعریف گردد تا کم‌ترین اثرات سوء از جانب چنین صنعت با ارزشی متوجه اکوسیستم‌های حساس ساحلی چون دریای خزر گردد.

منابع

۱. **پناهنده، م.؛ مروتی، م. و منصوری، ن.ا.، ۱۳۹۵.** ارزیابی ریسک اکولوژیک با تاکید بر سیستم اطلاعات تصمیم‌گیری تشخیص و آنالیز علت. نشر مجتمع آموزش عالی اردکان. ۲۴۲ صفحه.

۲. **رضاخانی، ش.؛ محمدی‌زاده، ف.؛ خارا، ح.؛ بحری، ا.ه. و احمدنژاد، م.، ۱۳۹۹**. ارزیابی تنش اکسیژنی روی آسیب‌های بافت آبشش و طحال بچه‌ماهی دریای خزر. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۲، شماره ۳، صفحات ۲۲۹ تا ۲۴۱.

۳. **منوری، م.؛ دامنگیر، ع.ع. و اسدی، ع.ح.، ۱۳۹۰**. ارزیابی ریسک اکولوژیک، انتشارات میترا. ۳۷۶ صفحه.

۴. **ولیانی، ا.ر.؛ فقهی‌فرهمند، ن. و ایران‌زاده، س.، ۱۳۹۹**. ارائه مدل ترکیبی جهت ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران با استفاده از روش‌های دیماتل و تابع زیان تاگوچی. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۴۱ تا ۴۷.

5. **Anon. 2006**. Report of the Study Group on Risk Assessment and Management Advice (SGRAMA). ICES Resource Management Committee, ICES CM 2006/RMC: 04, Ref LRC ACFM, ACE ACME 71. ICES, Copenhagen.
6. **Asche F.; Guttormsen A.G. and Tveterås, S., 1999**. Environmental problems, productivity and innovations in Norwegian salmon aquaculture. Aquaculture Economics & Management. Vol. 3 No. 1, pp 19-29.
7. **Australian/New Zealand Standards. 1999**. Standard for Risk Management AS/NZS 4360. Standards Association of Australia, Stratfield, NSW.
8. **Black, K.D., 2001**. Environmental Impacts of Aquaculture. Sheffield Academic Press, Sheffield, England.
9. **Boesten, J.J.T.I.; K€opp, H.; Adriaanse, P.I.; Brock, T.C.M. and Forbes, V.E., 2007**. Conceptual model for improving the link between exposure and effects in the aquatic risk assessment of pesticides. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 66, No. 3, pp: 291-308.
10. **FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016b**. FishStat Plus. Fishery statistical collections. Release: 2.12.5, by Berger T, Sibeni F, Calderini F. Italy, Rome. [Cited 10 Jun 2016.] Available from URL: http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
11. **Fletcher, W.J., 2014**. Review and refinement of an existing qualitative risk assessment method for application within an ecosystem-based management framework. ICES Journal of Marine Science. pp: 1-14.
12. **Franco, A.; Price, O.R.; Marshall, S.; Jolliet, O.; Van den Brink, P.J. and Rico, A., 2017**. Towards refined environmental scenarios for ecological risk assessment of down-the-drain chemicals in freshwater environments. Integrated Environmental Assessment and Management. Vol. 13, No. 2, pp: 233- 248.
13. **GESAMP(IMO/FAO/UNESCO/IOC/WMO/WHO/IAEA /UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). 2001**. Planning and management for sustainable coastal aquaculture development. Rep. Stud. GESAMP. Vol. 68, 90 p.
14. **GESAMP. 2008**. Assessment and communication of environmental risks in coastal aquaculture. IMO/FAO /UNE SCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN /UNEP Joint Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Reports and Studies GESAMP No. 76. FAO, Rome. 198 p.
15. **Haimes, Y.Y., 2009.** Risk Modelling, Assessment, and Management, Third Edition edn, John Willey & Son, Inc.
16. **Hambray, J. and Southall, T., 2002**. Environmental Risk Assessment and Communication in Coastal Aquaculture. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, GESAMPWG31. FAO, Rome, Italy.
17. **Hayes, K.R., 1997.** A Review of Ecological Risk Assessment Methodologies. CRIMP Technical Report No. 13. CSIRO, Hobart, Tasmania, Australia.
18. **Hindar, K.; Fleming, I.A.; McGinnity, P. and Diserud, A., 2006**. Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modeling from experimental results. ICES Journal of Marine Science. Vol. 63, pp: 1234-1247.
19. **Holsman, K.; Samhouri, J.; Cook, G.; Hazen, E.; Olsen, E. and Dillard, M., 2017.** An ecosystem-based approach to marine risk assessment. Ecosyst. Health Sustainabil. Vol. 3, pp: 1256.
20. **Holmer, M.; Wildish, D. and Hargrave, B., 2005**. Environmental effects of marine finfish aquaculture. In Handbook of environmental chemistry, pp: 181-206. Ed. by Hargrave, B., Springer-Verlag, Berlin.
21. **Kim, H.Y.; Lee, I.S. and Oh, J.E., 2017**. Human and veterinary pharmaceuticals in the marine environment including fish farms in Korea. Sci. Total Environ. Vol. 579, pp: 940-949.
22. **Kutti, T.; Ervik, A. and Hansen, P.K., 2007a**. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. I.Vertical export and dispersal processes. Aquaculture. Vol. 262, pp: 367-381.
23. **Naylor, R.L.; Goldburg, R.J.; Mooney, H.; Beveridge, M.; Clay, J.; Folke; C., Kautsky, N.; Lubchenco, J., Primavera. J. and Williams, M., 1998**. Nature's Subsidies to Shrimp and Salmon Farming. Science. Vol. 282, pp: 883.
24. **Lafferty, K.D.; Harvell, C.D.; Conrad, J.M.; Friedman, C.S.; Kent, M.L.; Kuris, A.M. and Saksida, S.M., 2015**. Infectious diseases affect marine fisheries and aquaculture economics. Annual Review of Marine Science. Vol. 7, pp: 471-496.
25. **Rico, A. and Van den Brink, P.J., 2014**. Probabilistic risk assessment of veterinary medicines applied to four major aquaculture species produced in Asia. Science of the Total Environment. Vol. 468-469, pp: 630-641.
26. **Serra-Llinares, R.M.; Bjørn, P.A.; Finstad, B.; Nilsen, R.; Harbitz, A.; Berg, M. and Asplin, L., 2014**. Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian "National Salmon Fjords". Aquaculture Environment Interactions. Vol. 5, pp: 1-16.
27. **Sharma, D. and Kansal, A., 2013**. Assessment of river quality models: a review. Reviews in Environmental Science and Biotechnology. Vol. 12, pp: 285-311.
28. **Snow, M.; Black, J.; Matejusova, I.; McIntosh, R.; Baretto, E.; Wallace, I.S. and Bruno, D.W., 2010**. Detection of salmonid alphavirus RNA in wild marine fish: implications for the origins of salmon pancreas disease in aquaculture. Diseases of Aquatic Organisms. Vol. 91, pp: 177-188.
29. **Standards Australia. Risk management-guidelines on risk assessment techniques. HB 89. 2012.** Standards Australia Limited, Sydney, Australia.
30. **Taranger, G.L.; Svasand, T.; Kvamme, B.O.; Kristiansen, T.S. and Boxaspen, K.K., 2012a.** Risk assessment of Norwegian aquaculture (In Norwegian). Fisken og havet. 131 pp.
31. **UNEP. 2010**. Environmental assessment in the WIO Region: An overview of the policy, legal, regulatory and institutional frameworks related to Environmental Impact Assessment in the WIO Region. UNEP/Nairobi Convention, 81 p.
32. **USEPA. 1998**. Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC. Federal Register 63, 26846-26924. Available online at: http://www.epa. gov/raf/publications /pdfs/Ecotxtbx.Pdf.
33. **Van den Bogaard, A.E. and Stobberingh, E.E., 2000.** Epidemiology of resistance to antibiotics: links between animals and humans. Int. J. Antimicrob. Agents. Vol. 14, pp: 327-335.