

Document Type

Technical paper

فنی و ترویجی

نوع مقاله

Utilization of Non-Conventional Water Resources in Aquaculture: Quality Challenges, Water Resources Engineering Requirements, and Sustainability Strategies

M. Nouri^{1*}, M. Faghani², F. Kia³

1- Assistant Professor, Department of Structures and Water Resources, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2- Ph.D. in Water Science and Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3- M.Sc. in Agricultural Engineering- Water Resources Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

* Corresponding, Author Email: dr.m.nouri@gau.ac.ir

Received 09-12-2025

Revised 06-03-2026

Accepted 15-03-2026

Available online 15-06-2026

کاربرد منابع آبی نامتعارف در آبی‌پروری: چالش‌های کیفی، الزامات مهندسی منابع آب و راهکارهای پایداری

محمد نوری^{۱*}، منیره فغانی^۲، فرزانه کیا^۳

۱- استادیار گروه سازه و منابع آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- دانش آموخته دکتری مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی- مهندسی منابع آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

* راپانامه نویسنده مسئول: dr.m.nouri@gau.ac.ir

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۹/۱۸

تاریخ بازنگری ۱۴۰۴/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۱۲/۲۴

تاریخ انتشار ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

Abstract

The use of cultured fish in unconventional water resources, including saline water, reclaimed water, and industrial effluents, has emerged as a promising strategy for enhancing aquaculture production and strengthening food security. Owing to the availability and diversity of these alternative water resources, particularly in regions facing freshwater scarcity, their utilization can alleviate pressure on conventional freshwater ecosystems while improving environmental sustainability. This review examines the opportunities and challenges associated with the application of unconventional water resources in aquaculture. The focus is on water quality, including salinity and contaminant concentrations, and its critical role in fish growth and survival. Research shows that some species, such as native fish, can be somewhat resistant to high salinity and pollution-induced stresses. The study also emphasizes the importance of interdisciplinary research and the development of new technologies in optimizing farming conditions. It also provides solutions to reduce negative environmental impacts and improve economic profitability. The study showed that sustainable exploitation of unconventional water resources in aquaculture requires a comprehensive approach that can harmonize economic, social, and environmental dimensions. The most important practical suggestion is to formulate and communicate specific quality standards for these resources, along with the development of low-cost treatment technologies and the selection of indigenous resistant species. Only through close cooperation between the government, the private sector and operators, and with the continuous implementation of these integrated policies, can a sustainable future be achieved in the aquaculture industry.

Keywords: Aquaculture, Unconventional Water Resources, Saline Waters, Water Quality, Food Security.

چکیده

استفاده از ماهیان پرورشی در منابع آبی نامتعارف، همچون آب‌های شور، آب‌های بازیافتی و پساب‌های صنعتی، به‌عنوان یک راهکار نوین برای افزایش تولید آبزیان و تأمین امنیت غذایی بااهمیت روزافزون است. این منابع، به دلیل تنوع آبی و به‌کارگیری در مناطق با کمبود منابع آب شیرین، می‌تواند فشار بر روی اکوسیستم‌های آبی موجود را کاهش دهد و عملکردهای محیط‌زیستی را بهبود بخشد. این مقاله به بررسی فرصت‌ها و چالش‌ها در استفاده از منابع آبی نامتعارف برای آبی‌پروری می‌پردازد. تمرکز بر روی کیفیت آب، شامل شوری و غلظت آلاینده‌ها و نقش حیاتی آن در رشد و بقای ماهی‌ها است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد برخی گونه‌ها، مانند ماهی‌های بومی، می‌توانند تا حدودی به شوری بالا و تنش‌های ناشی از آلودگی مقاوم باشند. همچنین این پژوهش بر اهمیت پژوهش‌های بین‌رشته‌ای و توسعه فناوری‌های نوین در بهینه‌سازی شرایط پرورش تأکید می‌کند. همچنین راهکارهایی برای کاهش تأثیرات منفی محیطی و بهبود سودآوری اقتصادی ارائه خواهد شد. این پژوهش نشان داد بهره‌برداری پایدار از منابع آبی نامتعارف در آبی‌پروری نیازمند رویکردی جامع است که بتواند ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی را باهم هماهنگ سازد. مهمترین پیشنهاد کاربردی، تدوین و ابلاغ استانداردهای کیفی ویژه برای این منابع، همراه با توسعه فناوری‌های تصفیه کم‌هزینه و انتخاب گونه‌های مقاوم بومی است. تنها از طریق همکاری نزدیک بین دولت، بخش خصوصی و بهره‌برداران و با اجرای مداوم این سیاست‌های یکپارچه، می‌توان به آینده‌ای پایدار در صنعت آبی‌پروری دست یافت. واژه‌های کلیدی: آبی‌پروری، منابع آبی نامتعارف، آب‌های شور، کیفیت آب، امنیت غذایی.

How to cite this article:

Nouri, M., Faghani, M. & Kia, F. (2026). Utilization of Non-Conventional Water Resources in Aquaculture: Quality Challenges, Water Resources Engineering Requirements, and Sustainability Strategies. Journal of Water and Sustainable Development, 13(1), 145-154. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v13i1.2512-1479>

(Han و Chen, ۲۰۱۸) و پیاده‌سازی شیوه‌های کشاورزی پایدار (Amini و همکاران, ۲۰۲۰) می‌تواند به بهینه‌سازی فرآیند تولید و همچنین کاهش تأثیرات منفی بر محیط زیست کمک کند. سازگاری با شرایط متغیر آب و هوا و بهره‌برداری از روش‌های نوین پرورش ماهی، مبتنی بر داده‌های علمی و تکنولوژیک، می‌تواند مقاومت سیستم‌های آبی‌پروری را در برابر چالش‌های موجود افزایش دهد (Rasekhi و همکاران, ۲۰۲۳). نیاز به شناسایی، ارزیابی و کاهش خطرات محیط‌زیستی ناشی از استفاده از منابع آبی نامتعارف نیز جدی است تا اطمینان حاصل شود که تولید ماهی در این زمینه پایدار و سالم باقی می‌ماند (Sharifinia و همکاران, ۲۰۱۹a). این پژوهش به بررسی ابعاد مختلف استفاده از منابع آبی نامتعارف در آبی‌پروری با هدف شناسایی فرصت‌ها و چالش‌های موجود در این حوزه می‌پردازد. با در نظر گرفتن جنبه‌های علمی و عملی، هدف نهایی این پژوهش ارتقاء دانش در زمینه آبی‌پروری پایدار و ارائه راهکارهای بهینه برای مدیریت این منابع آب نامتعارف خواهد بود. با بررسی تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی این منابع، این پژوهش به دنبال ارائه راهکارهایی است که به مؤثرتر شدن تصمیم‌گیری‌ها در حوزه آبی‌پروری و حفظ منابع طبیعی کمک کند. این رویکرد می‌تواند به بهبود امنیت غذایی و افزایش سطح زندگی جوامع محلی در برابر چالش‌های جهانی مرتبط با منابع آبی و امنیت غذایی کمک قابل توجهی نماید.

معرفی منابع آبی نامتعارف و اهمیت آن‌ها در آبی‌پروری

منابع آبی نامتعارف به مجموعه‌ای از منابع آبی اشاره دارد که به‌طور معمول در کشاورزی و آبی‌پروری به‌کار نمی‌روند (Hoseini Zafarabadi و همکاران, ۲۰۲۲). این منابع شامل آب‌های شور، آب‌های بازیافتی و پساب‌های صنعتی هستند (Fayyaz و همکاران, ۲۰۲۳). در عصری که جهان با چالش‌های جدی ناشی از کمبود آب و آلودگی محیط‌زیست دست‌وپنجه نرم می‌کند، استفاده از این منابع می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر و پایدار برای افزایش تولیدات آبی و تأمین امنیت غذایی در سطح جهانی مطرح شود (Panagopoulos, ۲۰۲۱). آب‌های شور که به‌طور عمده شامل دریاها و اقیانوس‌ها می‌شوند، به دلیل وجود گونه‌های متنوع آبی و ظرفیت‌های بالای تولید در این اکوسیستم‌ها، اهمیت قابل توجهی دارند (Ghezelsofloo و همکاران, ۲۰۲۱). در واقع، پرورش آبزیان در آب‌های شور امکان بهره‌برداری مؤثر از منابع طبیعی را فراهم می‌آورد و به‌ویژه در مناطق ساحلی، می‌تواند به عنوان منبعی برای اشتغال و بهبود معیشت جوامع محلی عمل کند (Warshay و همکاران, ۲۰۱۷). پرورش میگو، ماهی‌های دریایی و دیگر گونه‌ها در این محیط‌ها نه تنها تأمین‌کننده پروتئین سالم و غنی است، بلکه فشار بر منابع آب شیرین را نیز کاهش می‌دهد (Mirzaei و همکاران, ۲۰۱۹). همچنین، آب‌های

در دهه‌های اخیر، روندهای جمعیتی و تغییرات اساسی در الگوهای مصرف مواد غذایی توجه فزاینده‌ای را به آبی‌پروری جلب کرده است. با پیشرفت این صنعت، آبی‌پروری به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای تأمین پروتئین و امنیت غذایی به‌ویژه در جوامع در حال توسعه شناخته می‌شود (Pradeepkiran, ۲۰۱۹). نقش برجسته آبی‌پروری در تأمین پروتئین حیوانی به‌دلیل کارایی بالای آن نسبت به دیگر روش‌های تولید پروتئین مورد تأکید است. با این حال، این روند با چالش‌های متعددی مانند افت کیفیت منابع آبی (Liu و همکاران, ۲۰۱۶)، کاهش دسترسی به آب‌های شیرین (Barbarossa و همکاران, ۲۰۲۰)، آلودگی محیط‌زیست (Gorjian و Ghobadian, ۲۰۱۵) و تأثیر تغییرات اقلیمی (Mansouri Daneshvar و همکاران, ۲۰۱۹) مواجه است. این عوامل نه تنها بر تولید ماهیان بلکه بر چرخه زیستی محیط‌های آبی نیز تأثیر می‌گذارند و موجب بروز نگرانی‌هایی در خصوص آینده این صنعت می‌شوند. به همین دلیل، جستجوی منابع آب جایگزین به یک ضرورت تبدیل شده است. منابع آبی نامتعارف، شامل آب‌های شور (Vahidipour و همکاران, ۲۰۲۱)، آب‌های بازیافتی (Kosari و همکاران, ۲۰۲۴) و پساب‌های صنعتی (Delshab و همکاران, ۲۰۱۷) به‌عنوان گزینه‌هایی امیدوارکننده برای پرورش ماهی در مناطقی که با بحران آب مواجه هستند، مطرح می‌شوند. به‌خصوص در مناطق کم‌آب، استفاده از این منابع می‌تواند نفس جدیدی به صنعت آبی‌پروری ببخشد (Shirmohammadi و همکاران, ۲۰۲۰). این رویکرد علاوه بر کاهش فشار بر منابع آب شیرین، می‌تواند فرصت‌های شغلی جدید و بهبود معیشت برای جوامع محلی ایجاد کند. با این حال، استفاده از منابع آبی نامتعارف با چالش‌های خاص خود همراه است. کیفیت آب، به‌ویژه از لحاظ شوری و حضور آلاینده‌ها، تأثیر به‌سزایی در رشد و سلامت آبزیان دارد (Mokarram و همکاران, ۲۰۲۱). شوری بیش از حد می‌تواند متابولیسم و جذب مواد مغذی در ماهی‌ها را مختل کند و در نتیجه عملکرد تولیدی را کاهش دهد. علاوه‌براین، وجود آلاینده‌ها در آب‌های بازیافتی و پساب‌ها ممکن است منجر به بروز مشکلات بهداشتی جدی شود، زیرا برخی آلاینده‌ها می‌توانند تجمع یابند و سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر بیناندازند (Taheri و همکاران, ۲۰۲۵). بررسی دقیق این مسائل و شناسایی گونه‌های مقاوم به شوری و آلاینده‌ها می‌تواند به پرورش موفق‌تر آبزیان کمک کند. علاوه‌براین، نیاز به تحقیق و توسعه در فناوری‌های نوین و روش‌های مدیریتی در آبی‌پروری برای بهبود وضعیت تولید کاملاً مشهود است (Dawood و همکاران, ۲۰۲۱). بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته نظیر تصفیه آب‌های نامتعارف (Robbins و همکاران, ۲۰۲۲)، استفاده از سیستم‌های هوشمند برای مدیریت کیفیت آب

بازیافتی که از تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی به دست می‌آیند، به‌عنوان یک منبع ارزشمند در آبی‌پروری شناخته می‌شوند. با پیشرفت‌های فناوری، کیفیت آب‌های بازیافتی به شکل قابل توجهی افزایش یافته و می‌توانند با استانداردهای بهداشتی و ایمنی برای آبی‌پروری انطباق پیدا کنند (Mozaffarikhah و همکاران، ۲۰۱۷). این آب‌ها بیشتر حاوی مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر هستند که برای رشد و توسعه آبیان ضروری به شمار می‌روند. به همین دلیل، آب‌های بازیافتی می‌توانند به بهبود بهره‌وری در آبی‌پروری کمک کرده و همچنین بار آلودگی را در محیط‌زیست کاهش دهند، که این خود به بهبود کیفیت زندگی در جوامع محلی منجر می‌شود (Bahraman و همکاران، ۲۰۲۱). پس‌آب‌های صنعتی نیز با احتمال موجود بودن مواد مغذی ارزشمند، در صورت تصفیه مناسب، می‌توانند به منبع غذایی مؤثری برای آبی‌پروری تبدیل شوند (Hesni و همکاران، ۲۰۲۰). مدیریت صحیح و توسعه فناوری‌های نوین در تصفیه این پس‌آب‌ها می‌تواند ظرفیت تولید آبیان را افزایش داده و درعین حال خطرات محیط‌زیستی ناشی از آلودگی را کاهش دهد. این رویکردها در نهایت می‌توانند به حفظ منابع طبیعی و تقویت رشد پایدار آبی‌پروری کمک کنند (Piadeh و همکاران، ۲۰۱۸). در نهایت، باتوجه‌به چالش‌هایی مانند تغییرات اقلیمی و افزایش جمعیت، توجه به مدیریت پایدار و مؤثر منابع آبی نامتعارف به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین اولویت‌ها در زمینه آبی‌پروری ضروری است. این امر می‌تواند به تسهیل انتقال فناوری و دانش به مناطق دورافتاده کمک کرده و به‌عنوان بخشی از راهکارهای جامع مدیریت منابع آبی در راستای اهداف توسعه پایدار در سطح جهانی تلقی شود (Khaki و همکاران، ۲۰۲۳).

فرصت‌های اقتصادی استفاده از منابع آبی نامتعارف

استفاده از منابع آبی نامتعارف در آبی‌پروری، فرصتی اقتصادی بی‌نظیر را برای جوامع محلی و ملی فراهم می‌کند. اولین فرصت اقتصادی، کاهش هزینه‌های تولید است. آبی‌پروری با استفاده از آب‌های نامتعارف می‌تواند به کشاورزان و تولیدکنندگان اجازه دهد تا به‌جای مصرف آب شیرین، از منابع ارزان‌تر استفاده کنند (Risk و همکاران، ۲۰۲۱). این امر به‌ویژه در مناطقی که آب شیرین به‌طور قابل توجهی محدود و گران است، اهمیت بیشتری دارد. از سوی دیگر، استفاده از آب‌های بازیافتی و تصفیه شده می‌تواند به کاهش هزینه‌های مربوط به تصفیه آب‌های مورد استفاده کمک کند، زیرا گزینه‌های ارزان‌تر باعث بهینه‌سازی روند اقتصادی تولید خواهد شد (Hejazy و همکاران، ۲۰۲۳). دومین فرصت ایجاد بازارهای جدید برای محصولات پرورشی است. باتوجه‌به تنوع و ارزش اقتصادی گونه‌های مختلف آبیان، استفاده از منابع آبی نامتعارف می‌تواند منجر به زنجیره‌های تأمین و بازاریابی جدید برای محصولات شود (Rasekhi و همکاران، ۲۰۲۳). به‌عنوان مثال، آبی‌پروری در

آب‌های شور و بازیافتی می‌تواند به تولید گونه‌های خاص و ارزشمندی منجر شود که به‌راحتی در بازارهای جهانی به فروش برسند، بنابراین امکان افزایش صادرات و ارزآوری برای کشورهایی که به این روش‌های نوین روی می‌آورند، وجود دارد (Khanjani و همکاران، ۲۰۲۳). سوم، فرصت‌های اشتغال‌زایی است. با توسعه زیربنای لازم برای بهره‌برداری از منابع آبی نامتعارف، بسیاری از مشاغل جدید در زمینه‌های مختلف مانند تحقیق و توسعه، مهندسی، مدیریت محیط‌زیست و آموزش‌های فنی و حرفه‌ای ایجاد می‌شود (Hayati و Valizadeh، ۲۰۲۱). به‌ویژه در مناطق روستایی و دورافتاده، این اشتغال‌زایی می‌تواند به بهبود سطح زندگی جامعه و کاهش نرخ بیکاری کمک کند. نیروی کار محلی می‌تواند در چنین پروژه‌هایی آموزش ببیند و در نتیجه تخصص‌های جدیدی را کسب کند. فرصت دیگری که در این راستا به‌وجود می‌آید، تقویت دانش و نوآوری در صنعت آبی‌پروری است (Shahdadi و همکاران، ۲۰۲۳). با استفاده از منابع آبی نامتعارف و مطالعه بر روی گونه‌های مقاوم به شرایط جدید، پژوهشگران و متخصصان صنعت آبی‌پروری می‌توانند تکنیک‌های جدیدی را در تولید و مدیریت منابع توسعه دهند (Khosravi و Izbirak، ۲۰۲۴). این امر نه‌تنها به ارتقای کیفیت تولیدات کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود فناوری‌های موجود در آبی‌پروری و افزایش بهره‌وری کل این صنعت منجر شود. در نهایت استفاده از منابع آبی نامتعارف می‌تواند به تقویت پایداری اقتصادی در برابر نوسانات قیمت و کاهش وابستگی به منابع آب شیرین کمک کند (Salehi و همکاران، ۲۰۲۳). با تنوع بخشی به منابع آبی و پرورش گونه‌های مختلف آبی در شرایط متفاوت، تولیدکنندگان می‌توانند انعطاف‌پذیری بیشتری در برابر چالش‌های طبیعی و اقتصادی پیدا کنند. در نتیجه، این امر به تثبیت بازار و تأمین غذایی پایدار کمک می‌کند و به جوامع محلی اجازه می‌دهد تا با اطمینان بیشتری به آینده بنگرند (Salehi و همکاران، ۲۰۲۳).

چالش‌های محیط‌زیستی در پرورش ماهی در منابع آبی نامتعارف

پرورش ماهی در منابع آبی نامتعارف، هرچند که فرصتی برای ایجاد تولید پایدار و افزایش تنوع تأمین منابع غذایی به‌شمار می‌رود، اما همچنین با چالش‌های محیط‌زیستی قابل توجهی همراه است که می‌تواند بر سلامت اکوسیستم‌های محلی تأثیر بگذارد (Enayat و Asgharipour، ۲۰۲۳). یکی از مهمترین چالش‌ها، آلودگی ناشی از استفاده از آب‌های نامتعارف است. آب‌های شور و پس‌آب‌های صنعتی ممکن است حاوی مواد شیمیایی، فلزات سنگین و آلاینده‌های محیط‌زیستی باشند که در صورت عدم تصفیه صحیح، می‌توانند به اکوسیستم آبی آسیب بزنند و برای سلامتی آبیان و حتی انسان‌ها تهدیدی بزرگ محسوب شوند (Hussain و همکاران، ۲۰۱۹). از سوی دیگر، تغذیه ماهی‌های پرورشی در منابع آبی نامتعارف می‌تواند مشکلات بیشتری

ایجاد کند. این موضوع نه تنها بر سلامت خود ماهی‌ها تأثیر می‌گذارد بلکه می‌تواند زنجیره غذایی را نیز متاثر کند و در نهایت به سلامتی مصرف‌کنندگان آسیب بزند (Hejazy و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین، تغییرات در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب می‌تواند بر رفتار، رشد و زادآوری ماهی‌ها تأثیر

منفی بگذارد و در نتیجه منجر به کاهش جمعیت شود (Sepehrfar و همکاران، ۲۰۲۳). در جدول (۱) شرح و توضیحات محیط‌زیستی مرتبط با پرورش ماهی در آب‌های نامتعارف ارائه شده است.

جدول ۱- شرح و توضیحات محیط‌زیستی مرتبط با پرورش ماهی در آب‌های نامتعارف.

شرح و توضیحات محیط‌زیستی	چالش	منبع
آلودگی ناشی از استفاده آب‌های شور و پساب‌های صنعتی می‌تواند به سلامت اکوسیستم‌های آبی آسیب برساند.	آلودگی آب	(Haghshenas و همکاران، ۲۰۲۰)
عدم کیفیت مناسب خوراک‌های مورد استفاده می‌تواند به تجمع سموم و آسیب به زنجیره غذایی منجر شود.	مشکلات تغذیه‌ای	(Hashempour-Baltork و همکاران، ۲۰۲۳)
برداشت نامناسب و بی‌رویه آب از منابع آبی می‌تواند منجر به تخلیه بیش‌ازحد منابع آبی شیرین و شور شود.	تخلیه آب‌های طبیعی	(Bozorg-Haddad و همکاران، ۲۰۲۴)
توسعه زیرساخت‌های پرورش ماهی ممکن است به تخریب زیستگاه‌های طبیعی منجر شود و تنوع زیستی را کاهش دهد.	تخریب زیستگاه‌ها	(Enayat و Asgharipour، ۲۰۲۳)
تغییرات در اکوسیستم‌های آبی می‌تواند به عدم تعادل در زنجیره‌های غذایی و کاهش تنوع گونه‌ها منجر شود.	تغییرات اکوسیستمی	(Kamrani و Mashjoor، ۲۰۱۵)
معرفی گونه‌های غیر بومی به منابع آبی می‌تواند به رقابت با گونه‌های بومی و کاهش جمعیت آن‌ها منجر شود.	برهم‌کنش‌های گونه‌ها	(Shiganova و همکاران، ۲۰۲۳)
فعالیت‌های مرتبط با پرورش ماهی ممکن است به تولید گازهای گلخانه‌ای و تأثیر بر تغییرات اقلیمی منجر شود.	تولید گازهای گلخانه‌ای	(Taherzadeh و همکاران، ۲۰۲۱)
مشکلات محیط‌زیستی می‌تواند تأثیرات منفی بر جامعه محلی داشته باشد، از جمله کاهش منابع آب و تأثیر بر معیشت مردم.	اثرات اجتماعی	(Karimi و همکاران، ۲۰۲۴)

استراتژی‌های مدیریت و بهینه‌سازی منابع آبی نامتعارف

مدیریت و بهینه‌سازی منابع آبی نامتعارف به ویژه در شرایطی که منابع آب شیرین به شدت محدود شده‌اند، اهمیت بالایی دارند. یکی از استراتژی‌های کلیدی در این زمینه، استفاده از فناوری‌های تصفیه و تصفیه‌خانه‌های پیشرفته است. این فناوری‌ها می‌توانند آب‌های شور، پساب‌های صنعتی و دیگر منابع آبی نامتعارف را به آب‌های قابل استفاده برای کشاورزی و پرورش ماهی تبدیل کنند (Dehghanipour و همکاران، ۲۰۲۰). این روش نه تنها به افزایش دسترسی به منابع آب کمک می‌کند، بلکه به بهبود کیفیت آب نیز منجر می‌شود. استفاده از روش‌های بهینه‌سازی در مصرف آب نیز می‌تواند در کاهش هدررفت آب و افزایش کارایی منابع آبی موثر باشد (Bahraseman و همکاران، ۲۰۲۴). در نهایت با بهکارگیری استراتژی‌ها و به‌کارگیری راهکارهای مناسب براساس جدول (۲) می‌توان به بهینه‌سازی منابع آبی نامتعارف و تأمین امنیت آب در آینده‌ی نزدیک دست یافت (Saatsaz، ۲۰۲۰).

انتخاب گونه‌های مناسب برای پرورش در آب‌های نامتعارف

انتخاب گونه‌های مناسب برای پرورش در آب‌های نامتعارف به عواملی چون نوع آب، ویژگی‌های محیطی و نیازهای خاص گونه‌ها بستگی دارد. برای شروع، گونه‌های مقاوم به شوری و تغییرات کیفیت آب در اولویت قرار دارند. بسیاری از آبزیان،

مانند برخی از انواع میگوی سفید (Keshavarzifard و همکاران، ۲۰۲۱) و ماهی کپور (Fakhri و همکاران، ۲۰۲۱b)، در شرایط آب شور یا آبی با کیفیت متغیر به خوبی رشد می‌کنند. این گونه‌ها به دلیل سازگاری بالا با شرایط نامطلوب می‌توانند انتخاب‌های مناسبی باشند (Mohiseni و همکاران، ۲۰۱۷). ماهی گار یکی دیگر از گزینه‌های مناسب برای پرورش در آب‌های نامتعارف است. این ماهی به شوری بالا و کیفیت پایین آب مقاوم است و می‌تواند در محیط‌های نامساعد به خوبی زندگی کند. همچنین، به عنوان یک گونه با ارزش غذایی بالا، کاربرد زیادی در بازار دارد (Pouladi و همکاران، ۲۰۲۰). ماهی تیلپیا نیز به عنوان یک گونه مقاوم در برابر شرایط سخت آبی شناخته می‌شود. این ماهی توانایی زیادی در تحمل تغییرات دما و شوری دارد و برای پرورش در سیستم‌های آب شور و آب‌های شیرین ناهمگون مناسب است. تیلپیا به سرعت رشد می‌کند و نرخ تبدیل غذایی بالایی دارد، که آن را به یک گزینه اقتصادی جذاب تبدیل می‌کند (Fakhri و همکاران، ۲۰۲۱a). علاوه بر آن، صدف‌ها و دیگر سخت‌پوستان نیز گزینه‌های مناسبی برای پرورش در آب‌های نامتعارف هستند. برخی از گونه‌های صدف صدف مروارید به قابلیت تحمل شرایط آبی نامناسب معروف هستند و می‌توانند در اکوسیستم‌های با تنوع زیستی پایین نیز رشد کنند (Jafari و همکاران، ۲۰۲۳). بررسی تقاضای

بازار، قابلیت‌های تولید و ارزش غذایی گونه‌ها نقش مستحکمی در انتخاب درست دارند. به‌طورکلی، انتخاب‌های مناسب برای پرورش در آب‌های نامتعارف به پژوهش‌های علمی، پایش کیفیت آب و تجربیات میدانی نیز نیاز دارد تا

بهترین نتیجه ممکن به‌دست آید (Ghaffari و همکاران، ۲۰۲۲). جدول (۳) به شرایط و مزایای اقتصادی انتخاب گونه‌های مناسب برای پرورش انواع ماهی در آب‌های نامتعارف پرداخته است.

جدول ۲- استراتژی‌های مدیریت و بهینه‌سازی منابع آبی نامتعارف.

سیاست یا راهکار	توضیحات	اثرات مثبت	منابع
حفظ کیفیت منابع آبی و تنوع زیستی	الزام به رعایت استانداردهای کیفیت آب و مدیریت پسماندها	تدوین و اجرای قوانین محیط زیستی	(Sobhani و همکاران، ۲۰۲۲)
افزایش سرمایه‌گذاری و نوآوری در صنعت	ارائه تسهیلات مالی و یارانه‌ها	حمایت مالی و اقتصادی	(Scaringella و Burtschell، ۲۰۱۷)
آموزش و ارتقای آگاهی	برگزاری دوره‌های آموزشی برای کشاورزان و آبی‌پروران	بهبود تکنیک‌های تولید و افزایش مشارکت جامعه محلی	(Aazami و همکاران، ۲۰۱۵)
سرمایه‌گذاری در پژوهش و توسعه	همکاری با دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی برای شناسایی روش‌های نوین	ارتقای دانش و تکنولوژی در آبی‌پروری	(Poustchi و همکاران، ۲۰۱۸)
حمایت از زنجیره تأمین	بهبود فرآیندهای حمل و نقل، ذخیره‌سازی و توزیع	کاهش ضایعات و افزایش کارایی	(Omran و Keshavarz، ۲۰۱۶)
حفاظت از اکوسیستم‌های آبی	توسعه برنامه‌های حفاظتی و جلوگیری از آلودگی	حفظ زیستگاه‌های طبیعی و تنوع زیستی	(Sharifinia و همکاران، ۲۰۱۹b)
تشویق به همکاری‌های بین‌المللی	تبادل دانش و فناوری با کشورهای دیگر	برخورداری از بهترین شیوه‌ها و نوآوری‌ها	(Pirali zefrehei و همکاران، ۲۰۲۲)
استفاده از شیوه‌های کشاورزی تلفیقی	پرورش هم‌زمان آبزیان و گیاهان	افزایش بهره‌وری و کاهش آلودگی	(Gharaghani و همکاران، ۲۰۲۴)

جدول ۳- انتخاب گونه‌های مناسب برای پرورش ماهی در آب‌های نامتعارف.

نام گونه	ویژگی‌ها	سازگاری با شرایط آبی	مزایای اقتصادی	منابع
ماهی تیلاپیا	رشد سریع - طعم خوب - مقاوم به بیماری	توانایی تحمل شوری و دماهای متغی	بازار فروش خوب - هزینه تولید پایین	(Fakhri و همکاران، ۲۰۲۱a)
ماهی گار	مقاوم به شرایط سخت آبی - رشد سریع	تحمل شوری بالا و کیفیت پایین آب	ماهی با ارزش غذایی - بازار مختص با شیوه‌های خاص	(Pouladi و همکاران، ۲۰۲۰)
میگوی سفید	پروتئین بالا - رشد سریع و اقتصادی	مقاوم به آب شور و شرایط محیطی نامناسب	بازار صادراتی خوب - هزینه نگهداری پایین	(Keshavarzifard و همکاران، ۲۰۲۱)
صدف مروارید	ارزش اقتصادی بالای مرواریدها - مناسب برای اکوسیستم‌های سخت	تحمل شرایط آبی نامناسب	بازار مروارید با ارزش - درآمد پایدار	(Jafari و همکاران، ۲۰۲۰)
ماهی کپور	مقاومت به آلودگی - رشد بالا	تحمل تغییرات کیفیت آب	قابلیت پرورش در شرایط مختلف - تقاضای خوب در بازار	(Vazirzadeh و Yelghi، ۲۰۱۵)
ماهی لنجی	رشد سریع و اقتصادی - قابلیت سازگاری بالا	-توانایی تحمل شوری و شرایط نامطلوب	افزایش تقاضا به عنوان گونه‌ای با ارزش	(Esmacili و همکاران، ۲۰۲۰)

تأثیر تغییرات اقلیمی بر آبی‌پروری در منابع آبی نامتعارف

تغییرات اقلیمی چالش عمده‌ای برای آبی‌پروری با منابع آبی نامتعارف ایجاد می‌کند، به‌طوری‌که افزایش دما کیفیت آب را کاهش داده و منجر به مرگ و میر آبزیان می‌شود (Hejazy و همکاران، ۲۰۲۳). کاهش باران باعث ایجاد تنش‌هایی در خصوص تأمین آب، زنجیره تأمین غذا، و افزایش باران می‌تواند باعث شستشوی مواد مغذی و آلودگی منابع آب شود (Enayat و Asgharipour، ۲۰۲۳). اسیدی شدن اقیانوس‌ها که ناشی از جذب دی‌اکسید کربن از اتمسفر است نیز می‌تواند به آسیب‌رسانی به صدف‌ها و دیگر آبزیانی که به کربنات کلسیم برای ساخت ساختارهای خود نیاز دارند، منجر شود (Zahed و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، تغییرات اقلیمی می‌تواند منجر به ظهور و شیوع بیماری‌ها و آفات در سیستم‌های آبی‌پروری شود. تغییر در دما و کیفیت آب می‌تواند شرایط را برای تکثیر میکروارگانیسم‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا فراهم کند که تهدیدی برای سلامت آبزیان خواهد بود (Rasooli و همکاران، ۲۰۲۳). باتوجه به این چالش‌ها، نیاز به استراتژی‌های سازگاری و مدیریت پایدار در آبی‌پروری از جمله استفاده از فناوری‌های نوین، پرورش گونه‌های مقاوم‌تر و بهبود شیوه‌های مدیریت، بیشتر از هر زمان دیگری احساس می‌شود (Parnian و همکاران، ۲۰۲۴).

بررسی سیاست‌ها و راهکارهای حمایتی برای آبی‌پروری پایدار

آبی‌پروری پایدار به عنوان یک عنصر کلیدی در تأمین امنیت غذایی و حفظ منابع طبیعی، نیازمند سیاست‌ها و راهکارهای حمایتی است که به بهبود شرایط اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی این صنعت کمک کند (Risk و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از مهمترین اقداماتی که می‌توان انجام داد، تدوین و اجرای قوانین محیط‌زیستی است. این قوانین باید استانداردهای مشخصی برای کیفیت آب، مدیریت پسماندها و استفاده از منابع طبیعی پایدار به کار گیرند (Azarnivand و همکاران، ۲۰۱۵). با اعمال محدودیت‌ها در استفاده از مواد شیمیایی و آفت‌کش‌ها و الزام به رعایت روش‌های سازگار با محیط‌زیست، می‌توان به بهبود شرایط آبی‌پروری کمک کرد. حمایت مالی و اقتصادی نیز نقش مهمی دارد (Noorhosseini و همکاران، ۲۰۱۷). دولت‌ها می‌توانند با ارائه تسهیلات مالی و یارانه‌ها به تولیدکنندگان، شرایط را برای توسعه آبی‌پروری پایدار فراهم کنند. این حمایت‌ها می‌توانند شامل سرمایه‌گذاری در طرح‌های نوآورانه، آموزش و توانمندسازی کشاورزان و ایجاد زیرساخت‌های لازم برای بهبود فرآیند تولید باشند (Tajeddini و Trueman، ۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج حاصل از سیاست‌ها و راهکارهای حمایتی برای آبی‌پروری پایدار نشان می‌دهد که موفقیت این صنعت نیازمند رویکرد جامع و هماهنگی است که تمامی ابعاد

اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی را در بر بگیرد. توسعه قوانین و استانداردهای محیط‌زیستی می‌تواند به حفظ کیفیت منابع آبی و تنوع زیستی کمک کند، درحالی‌که حمایت مالی و اقتصادی می‌تواند انگیزه لازم برای بهبود تکنیک‌های تولید و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین را فراهم آورد. تأکید بر آموزش و ارتقای آگاهی تولیدکنندگان نه تنها موجب بهبود روش‌های تولید می‌شود، بلکه به تقویت مشارکت جامعه محلی در فرآیندهای تصمیم‌گیری نیز کمک می‌کند. همچنین، حفظ اکوسیستم‌های آبی از طریق برنامه‌های حفاظتی و همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند به ایجاد شبکه‌های پایدار و استفاده بهینه از منابع آبی منجر شود. استفاده از روش‌های کشاورزی تلفیقی نیز می‌تواند بهره‌وری را افزایش داده و آثار زیان‌بار محیطی را کاهش دهد. در نهایت، ارزیابی و پایش مستمر تأثیرات محصولات و فرآیندهای آبی‌پروری بر محیط‌زیست و جامعه، ابزارهای حیاتی برای ارائه بازخورد و اصلاح سیاست‌ها خواهد بود. به‌طور کلی، تحقق آبی‌پروری پایدار به همکاری نزدیک بین دولت‌ها، بخش خصوصی، جوامع محلی و سازمان‌های غیردولتی نیاز دارد. با به‌کارگیری رویکردهای جامع و یکپارچه، می‌توان به آینده‌ای پایدار برای آبی‌پروری دست یافت که هم منافع اجتماعی و اقتصادی را تأمین کند و هم به حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی کمک نماید. باتوجه به اهمیت رویکردهای جامع در بهره‌برداری پایدار از منابع آبی نامتعارف برای آبی‌پروری، پیشنهادهای کاربردی زیر ارائه می‌شود:

۱. تدوین استانداردهای کیفی ویژه آب‌های نامتعارف برای تعیین حدود مجاز آلاینده‌ها متناسب با گونه‌های پرورشی و شرایط اقلیمی کشور
۲. توسعه سامانه‌های تصفیه و پیش‌تصفیه کم‌هزینه نظیر تالاب‌های مصنوعی، فیلترهای بیولوژیک، اسمز معکوس کم‌فشار، و واحدهای هوادهی پیشرفته
۳. طراحی و بهینه‌سازی سازه‌ها و زیرساخت‌های آبی متناسب با منابع نامتعارف به‌گونه‌ای که مقاومت سازه‌ای در برابر خوردگی، رسوب‌گذاری و تغییرات دمایی تضمین شود.
۴. تشویق به توسعه و تکثیر گونه‌های مقاوم و بومی با قابلیت سازگاری با شوری متوسط تا بالا و بار آلودگی مشخص
۵. ارتقای دانش و مهارت بهره‌برداران با برگزاری دوره‌های آموزشی برای کشاورزان و پرورش‌دهندگان در حوزه مدیریت کیفیت آب، پایش روزانه، تکنیک‌های تغذیه، و روش‌های کاهش آلودگی
۶. مدیریت یکپارچه منابع آب و پساب با تدوین برنامه‌های منطقه‌ای برای تخصیص و مدیریت آب‌های نامتعارف، استفاده از سیستم‌های بازچرخانی (RAS)، و ایجاد سازوکارهای نظارتی برای استفاده مجدد پساب‌ها
۷. استفاده از سیستم‌های کشاورزی-آبی‌پروری تلفیقی (IAA) با ترویج مدل‌های تلفیقی مانند آکوپونیک، آبی‌پروری-کشاورزی یکپارچه و سیستم‌های دوکاربردی

- tap water with different total dissolved solid to produce self-compacting concrete. *Journal of Building Engineering*, 41, 102781. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102781>
- Bahraseman, S. E., Firoozzare, A., Zhang, C., Yousefian, N., Skominas, R., Barati, R., & Azadi, H. (2024). Reviving the forgotten legacy: Strategies for reviving qanats as sustainable solutions for agricultural water supply in arid and semi-arid regions. *Water Research*, 265, 122138. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122138>
- Barbarossa, V., Schmitt, R. J. P., Huijbregts, M. A. J., Zarfl, C., King, H., & Schipper, A. M. (2020). Impacts of current and future large dams on the geographic range connectivity of freshwater fish worldwide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(7), 3648–3655. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912761117>
- Bozorg-Haddad, O., Bahrami, M., Gholami, A., Chu, X., & Loáiciga, H. A. (2024). Investigation and classification of water resources management strategies: possible threats and solutions. *Natural Hazards*, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06589-y>
- Chen, Y., & Han, D. (2018). Water quality monitoring in smart city: A pilot project. *Automation in Construction*, 89, 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.008>
- Dawood, M. A. O., Noreldin, A. E., & Sewilam, H. (2021). Long term salinity disrupts the hepatic function, intestinal health, and gills antioxidative status in Nile tilapia stressed with hypoxia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 220, 112412. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112412>
- Dehghanipour, A. H., Schoups, G., Zahabiyou, B., & Babazadeh, H. (2020). Meeting agricultural and environmental water demand in endorheic irrigated river basins: A simulation-optimization approach applied to the Urmia Lake basin in Iran. *Agricultural Water Management*, 241, 106353. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106353>
- Delshab, H., Farshchi, P., Mohammadi, M., & Moattar, F. (2017). Preliminary assessment of heavy metal contamination in water and wastewater from Asaluyeh Port (Persian Gulf). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 41, 363–373. <https://doi.org/10.1007/s40995-016-0031-x>
- Enayat, F. F., & Asgharipour, M. R. (2023). Exploring and predicting the biocapacity of various fish farming systems based on modified emergy footprint accounting in the Sistan region of Iran. *Science of The Total Environment*, 904, 166195. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166195>
- Esmaili, H. R., Sayyadzadeh, G., Zarei, F., Kafaei, S., & Coad, B. W. (2020). Phylogeographic pattern and population structure of the Persian stone loach, *Oxyzoemacheilus persa* (Heckel 1847) (family: Nemacheilidae) in southern Iran with implications for conservation. *Environmental Biology of Fishes*, 103, 77–88. <https://doi.org/10.1007/s10641-019-00934-y>
۸. تقویت سازوکارهای سیاست‌گذاری و حمایت‌های اقتصادی با ایجاد مشوق‌های مالی، یارانه‌های هدفمند برای فناوری‌های تصفیه، طرح‌های بیمه‌ای ویژه پرورش در آب‌های نامتعارف و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی
۹. ایجاد سامانه‌های پایش کیفی و کمی منابع آبی نامتعارف، همراه با بانک اطلاعاتی قابل دسترس برای پژوهشگران و بهره‌برداران
۱۰. توسعه همکاری‌های بین‌المللی و تحقیقاتی از طریق تشویق به مشارکت با مراکز تحقیقاتی جهانی، استفاده از تجربیات بین‌المللی در مدیریت منابع نامتعارف، و انجام طرح‌های تحقیقاتی مشترک

سپاسگزاری

نویسنده بر خود لازم می‌داند از شرکت آب منطقه‌ای گلستان به دلیل همکاری ارزشمند و نقش مؤثر آن در فراهم‌سازی داده‌ها، اطلاعات پایه و حمایت‌های فنی که در شکل‌گیری و پیشبرد این پژوهش نقش تعیین‌کننده‌ای داشت، صمیمانه قدردانی نماید. پشتیبانی کارشناسان و مسئولان این مجموعه، زمینه‌ساز تکمیل تحلیل‌ها و ارتقای کیفیت علمی این مطالعه گردیده است. همچنین از تمامی همکارانی که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم در فرایند انجام این پژوهش یاری‌رسان بوده‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- Aazami, J., Esmaili-Sari, A., Abdoli, A., Sohrabi, H., & Van den Brink, P. J. (2015). Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macroinvertebrates indices. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0186-y>
- Amini, S., Rohani, A., Aghkhani, M. H., Abbaspour-Fard, M. H., & Asgharipour, M. R. (2020). Assessment of land suitability and agricultural production sustainability using a combined approach (Fuzzy-AHP-GIS): A case study of Mazandaran province, Iran. *Information Processing in Agriculture*, 7(3), 384–402. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.10.001>
- Azarnivand, A., Hashemi-Madani, F. S., & Banihabib, M. E. (2015). Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management (case study: Lake Urmia Basin, Iran). *Environmental Earth Sciences*, 73, 13–26. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3391-6>
- Badrzadeh, N., Samani, J. M. V., Mazaheri, M., & Kuriqi, A. (2022). Evaluation of management practices on agricultural nonpoint source pollution discharges into the rivers under climate change effects. *Science of the Total Environment*, 838, 156643. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156643>
- Bahraman, M., Asadollahfardi, G., Salehi, A. M., & Yahyaei, B. (2021). Feasibility study of using wash water from ready mixed concrete plant and synthetic wastewater based on

- Hayati, D., & Valizadeh, N. (2021). Freshwater management and conservation in Iran: Past, present, and future. In Book: Tigris and Euphrates Rivers: Their Environment from Headwaters to Mouth, 1507-1533. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57570-0_76
- Hejazy, M., Norouzi, R., Abdi, F., & Javid, F. (2023). The impact of aquaculture activities on nitrogenous and phosphorous pollution of water resources in northern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(4), 255. <https://doi.org/10.1007/s12517-023-11347-8>
- Hesni, M. A., Hedayati, A., Qadermarzi, A., Pouladi, M., Zangiabadi, S., & Naqshbandi, N. (2020). Using *Chlorella vulgaris* and iron oxide nanoparticles in a designed bioreactor for aquaculture effluents purification. *Aquacultural Engineering*, 90, 102069. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102069>
- Hoseini Zafarabadi, S. S., Nafarzadegan, A. R., & Vagharfard, H. (2022). Assessing the Development of Unconventional (Brackish and Saline) Water Resources in the West of Hormozgan Province. *Desert Ecosystem Engineering*, 9(29), 75-88. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112079>
- Hussain, M. I., Muscolo, A., Farooq, M., & Ahmad, W. (2019). Sustainable use and management of non-conventional water resources for rehabilitation of marginal lands in arid and semiarid environments. *Agricultural Water Management*, 221, 462-476. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.014>
- Jafari, B., Abbasi, M., & Hashemifard, S. A. (2020). Development of new tubular ceramic microfiltration membranes by employing activated carbon in the structure of membranes for treatment of oily wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118720>
- Jafari, F., Naeemi, A. S., Sohani, M. M., & Noorinezhad, M. (2023). Effect of elevated temperature, sea water acidification, and phenanthrene on the expression of genes involved in the shell and pearl formation of economic pearl oyster (*Pinctada radiata*). *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115603. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115603>
- Karimi, M., Tabiee, M., Karami, S., Karimi, V., & Karamidehkordi, E. (2024). Climate change and water scarcity impacts on sustainability in semi-arid areas: Lessons from the South of Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, 24, 101075. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.101075>
- Keshavarzifard, M., Vazirzadeh, A., & Sharifinia, M. (2021). Occurrence and characterization of microplastics in white shrimp, *Metapenaeus affinis*, living in a habitat highly affected by anthropogenic pressures, northwest Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112581. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112581>
- Khaki, E., Boleydei, H., Abyar, H., & Nowrouzi, M. (2023). Integrating eco-environmental assessment with energy recovery for petrochemical wastewater treatment
- Fakhri, Y., Atamaleki, A., Asadi, A., Ghasemi, S. M., & Mousavi Khaneghah, A. (2021a). Bioaccumulation of potentially toxic elements (PTEs) in muscle *Tilapia* spp fish: a systematic review, meta-analysis, and non-carcinogenic risk assessment. *Toxin Reviews*, 40(4), 473-483. <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1737826>
- Fakhri, Y., Djahed, B., Toolabi, A., Raoofi, A., Gholizadeh, A., Eslami, H., Taghavi, M., Alipour, M. reza, & Mousavi Khaneghah, A. (2021b). Potentially toxic elements (PTEs) in fillet tissue of common carp (*Cyprinus carpio*): a systematic review, meta-analysis and risk assessment study. *Toxin Reviews*, 40(4), 1505-1517. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1690518>
- Fayyaz, S., Masjedi, S. K., Kazemi, A., Khaki, E., Moeinaddini, M., & Olsen, S. I. (2023). Life cycle assessment of reverse osmosis for high-salinity seawater desalination process: Potable and industrial water production. *Journal of Cleaner Production*, 382, 135299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135299>
- Ghaffari, H., Ahmadzadeh, F., Saberi-Pirooz, R., & Abtahi, B. (2022). Molecular and morphological evidence for the presence of a non-native oyster (genus *Crassostrea*) in the Persian Gulf. *Zoologischer Anzeiger*, 296, 120-128. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2021.12.002>
- Gharaghani, M. A., Samaei, M., Mahdizadeh, H., Nasiri, A., Keshtkar, M., Mohammadpour, A., & Khaneghah, A. M. (2024). An effective magnetic nanobiocomposite: Preparation, characterization and its application for adsorption removal of P-nitroaniline from aquatic environments. *Environmental Research*, 246, 118128. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118128>
- Ghezelsolfloo, E., Raghimi, M., Mahmoodlu, M. G., Rahimi-Chakdel, A., & Khademi, S. M. S. (2021). Saltwater intrusion in drinking water wells of Kordkuy, Iran: an integrated quantitative and graphical study. *Environmental Earth Sciences*, 80(16), 520. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09843-9>
- Gorjian, S., & Ghobadian, B. (2015). Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 571-584. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.009>
- Haghshenas, V., Kafei, R., Tahmasebi, R., Dobaradaran, S., Hashemi, S., Sahebi, S., Sorial, G. A., & Ramavandi, B. (2020). Potential of green/brown algae for monitoring of metal (loid) s pollution in the coastal seawater and sediments of the Persian Gulf: ecological and health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 7463-7475. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07481-0>
- Hashempour-Baltork, F., Jannat, B., Tajdar-Oranj, B., Aminzare, M., Sahebi, H., Alizadeh, A. M., & Hosseini, H. (2023). A comprehensive systematic review and health risk assessment of potentially toxic element intakes via fish consumption in Iran. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 249, 114349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114349>

- biodiesel wash-water: A sustainable solution for water recycling in biodiesel production process. *Journal of Water Process Engineering*, 19, 331-337. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.09.007>
- Noorhosseini, S. A., Allahyari, M. S., Damalas, C. A., & Moghaddam, S. S. (2017). RETRACTED: Public environmental awareness of water pollution from urban growth: The case of Zarjub and Goharrud rivers in Rasht, Iran. *Science of The Total Environment*, 599-600, 2019-2025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.128>
- Omrani, H., & Keshavarz, M. (2016). A performance evaluation model for supply chain of shipping company in Iran: an application of the relational network DEA. *Maritime Policy & Management*, 43(1), 121-135. <https://doi.org/10.1080/03088839.2015.1036471>
- Panagopoulos, A. (2021). Study and evaluation of the characteristics of saline wastewater (brine) produced by desalination and industrial plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17694-x>
- Parnian, A., Parvizi, H., Selmy, S., & Mushtaq, Z. (2024). Haloculture: A Pathway to Reduce Climate Change Consequences for Societies. In book: *Integration of Core Sustainable Development Goals in Rural Areas* (pp. 385-413). https://doi.org/10.1007/978-3-031-60149-1_14
- Piadeh, F., Alavi-Moghaddam, M. R., & Mardan, S. (2018). Assessment of sustainability of a hybrid of advanced treatment technologies for recycling industrial wastewater in developing countries: Case study of Iranian industrial parks. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1136-1150. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.174>
- Pirali zefrehei, A. R., Kolahi, M., & Fisher, J. (2022). Ecological-environmental challenges and restoration of aquatic ecosystems of the Middle-Eastern. *Scientific Reports*, 12(1), 17229. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21465-0>
- Pouladi, M., Paighambari, S. Y., Millar, R. B., & Babanezhad, M. (2020). Length-weight relationships and condition factor of five marine fish species from Bushehr Province, Persian Gulf, Iran. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 36, 457-461. <https://doi.org/10.1007/s41208-020-00208-w>
- Poustchi, H., Egtesad, S., Kamangar, F., Etemadi, A., Keshtkar, A.-A., Hekmatdoost, A., Mohammadi, Z., Mahmoudi, Z., Shayanrad, A., & Roozafzai, F. (2018). Prospective epidemiological research studies in Iran (the PERSIAN Cohort Study): rationale, objectives, and design. *American Journal of Epidemiology*, 187(4), 647-655. <https://doi.org/10.1093/aje/kwx314>
- Pradeepkiran, J. A. (2019). Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. *Translational Animal Science*, 3(2), 903-910. <https://doi.org/10.1093/tas/txz012>
- Rasekhi, S., Sharifian, A., Shahraki, M., & Silvano, R. A. M. (2023). Indigenous fishers' knowledge on fish behavior, fishing practices and climatic conditions in a technologies: A transition towards green and sustainable management. *Journal of Water Process Engineering*, 55, 104103. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104103>
- Khanjani, M. H., Sharifinia, M., & Hajirezaee, S. (2023). Strategies for promoting sustainable aquaculture in arid and semi-arid areas. *Annals of Animal Science*, 24 (2), 293-305. <https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0073>
- Khosravi, F., & Izbirak, G. (2024). A framework of index system for gauging the sustainability of Iranian provinces by fusing Analytical Hierarchy Process (AHP) and Rough Set Theory (RST). *Socio-Economic Planning Sciences*, 95, 101975. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2024.101975>
- Kosari, S., Parsinejad, M., Mokhtaran, A., & Zebardast, S. (2024). Predicted feasibility and economic return of drainage water recycling in an arid region. *Agricultural Water Management*, 302, 108983. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108983>
- Liu, J., Liu, Q., & Yang, H. (2016). Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators*, 60, 434-441. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.019>
- Mansouri Daneshvar, M. R., Ebrahimi, M., & Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environmental Systems Research*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
- Mashjoor, S., & Kamrani, E. (2015). Evaluation of the "fishing down marine food web" process in the north-west of Persian Gulf (Khuzestan Province) during the period of 2002-2011. *Acta Oceanologica Sinica*, 34, 103-110. <https://doi.org/10.1007/s13131-015-0726-4>
- Mirzaei, F. S., Ghorbani, R., Hosseini, S. A., Haghighi, F. P., & Saravi, H. N. (2019). Associations between shrimp farming and nitrogen dynamic: A model in the Caspian Sea. *Aquaculture*, 510, 323-328. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.070>
- Mohiseni, M., Sepidnameh, M., Bagheri, D., Banaee, M., & Nematdust Haghi, B. (2017). Comparative effects of S hirazi thyme and vitamin E on some growth and plasma biochemical changes in common carp (*C yprinus carpio*) during cadmium exposure. *Aquaculture Research*, 48(9), 4811-4821. <https://doi.org/10.1111/are.13301>
- Mokarram, M., Saber, A., & Obeidi, R. (2021). Effects of heavy metal contamination released by petrochemical plants on marine life and water quality of coastal areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51369-51383. <https://doi.org/10.1007/s10641-019-00934-y>
- Moradi Shahdadi, L., Aminnejad, B., Sarvari, H., & Chan, D. W. M. (2023). Determining the Critical Risk Factors of Implementing Public-Private Partnership in Water and Wastewater Infrastructure Facilities: Perspectives of Private and Public Partners in Iran. *Buildings*, 13(11), 2735. <https://doi.org/10.3390/buildings13112735>
- Mozaffarikhah, K., Kargari, A., Tabatabaei, M., Ghanavati, H., & Shirazi, M. M. A. (2017). Membrane treatment of

- Shirmohammadi, B., Malekian, A., Salajegheh, A., Taheri, B., Azarnivand, H., Malek, Z., & Verburg, P. H. (2020). Scenario analysis for integrated water resources management under future land use change in the Urmia Lake region, Iran. *Land Use Policy*, 90, 104299. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104299>
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Sadeghi, S. M. M., Wolf, I. D., & Deljouei, A. (2022). Prioritizing water resources for conservation in a land of water crisis: the case of protected areas of Iran. *Water*, 14(24), 4121. <https://doi.org/10.3390/w14244121>
- Taheri, M., Mousavi, S. M., Zanguee, N., & Mozanzadeh, M. T. (2025). The interactive effects of stocking density and salinity on growth, immune response, antioxidant capacity, digestive enzyme activity, and plasma biochemical parameters in Asian seabass (*Lates calcarifer*) juveniles. *Aquaculture International*, 33(2), 146. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-01830-2>
- Taherzadeh-Shalmai, N., Sharifi, M., Ghasemi-Mobtaker, H., & Kaab, A. (2021). Evaluating the energy use, economic and environmental sustainability for smoked fish production from life cycle assessment point of view (case study: Guilan Province, Iran). *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 53833–53846. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14437-w>
- Tajeddini, K., & Trueman, M. (2016). Environment-strategy and alignment in a restricted, transitional economy: Empirical research on its application to Iranian state-owned enterprises. *Long Range Planning*, 49(5), 570–583. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2015.02.001>
- Vahidipour, M., Raeisi, E., & Van Der Zee, S. E. (2021). Active saltwater intrusion of shrinking Bakhtegan-Thask Lakes in South Iran threatens the freshwater resources of coastal aquifers. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 34, 100790. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100790>
- Vazirzadeh, A., & Yelghi, S. (2015). Long-term changes in the biological parameters of wild carp (*Cyprinus carpio*) from the south-eastern Caspian Sea. *Iranian Journal of Science*, 39(3.1), 391–397. <https://doi.org/10.22099/ijsts.2015.3262>
- Warshay, B., Brown, J. J., & Sgouridis, S. (2017). Life cycle assessment of integrated seawater agriculture in the Arabian (Persian) Gulf as a potential food and aviation biofuel resource. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, 1017–1032. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1215-5>
- Zahed, M. A., Hadipour, M., Mastali, G., Esmailzadeh, M., & Mojiri, A. (2022). Simultaneous ecosystem benefit and climate change control: a future study on sustainable development in Iran. *International Journal of Environmental Research*, 16(3), 28. <https://doi.org/10.1007/s41742-022-00410-z>
- conservation priority coastal ecosystem in the Caspian Sea. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 33(3), 629–648. <https://doi.org/10.1007/s1160-022-09746-3>
- Rasooli, M., Beheshti, B., Parashkoohi, M. G., & Ghahdarjani, M. (2023). Evaluation of energy-economic and environmental consequences in different fish production systems using a life cycle assessment approach. *Environmental and Sustainability Indicators*, 18, 100231. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100231>
- Risk, M. J., Haghshenas, S. A., & Arab, A. R. (2021). Cage aquaculture in the Persian Gulf: A cautionary tale for Iran and the world. *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112079. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112079>
- Robbins, C. A., Du, X., Bradley, T. H., Quinn, J. C., Bandhauer, T. M., Conrad, S. A., Carlson, K. H., & Tong, T. (2022). Beyond treatment technology: Understanding motivations and barriers for wastewater treatment and reuse in unconventional energy production. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 106011. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106011>
- Saatsaz, M. (2020). A historical investigation on water resources management in Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 1749–1785. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-00307-y>
- Salehi, S., Mirzakhani, S., & Schelly, C. (2023). The role of developers in accepting solar energy in Iran: A case study in Golestan province. *Solar Energy*, 264, 111967. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.111967>
- Scaringella, L., & Burtschell, F. (2017). The challenges of radical innovation in Iran: Knowledge transfer and absorptive capacity highlights—Evidence from a joint venture in the construction sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 122, 151–169. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.09.013>
- Sepehrfar, D., Sudagar, M., Paknejad, H., Yousefi Siahkalroodi, S., & Norouzitallab, P. (2023). Role of phytochemicals in farmed fish reproductive performance: A review. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 22(5), 1039–1068. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2023.130580>
- Sharifinia, M., Afshari Bahmanbeigloo, Z., Smith Jr, W. O., Yap, C. K., & Keshavarzifard, M. (2019a). Prevention is better than cure: Persian Gulf biodiversity vulnerability to the impacts of desalination plants. *Global Change Biology*, 25(12), 4022–4033. <https://doi.org/10.1111/gcb.14808>
- Sharifinia, M., Daliri, M., & Kamrani, E. (2019b). Estuaries and coastal zones in the northern Persian gulf (Iran). In Book: *Coasts and Estuaries: the future* (pp. 57–68). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00004-6>
- Shiganova, T. A., Kamakin, A. M., Pautova, L. A., Kazmin, A. S., Roohi, A., & Dumont, H. J. (2023). An impact of non-native species invasions on the Caspian Sea biota. *Advances in Marine Biology*, 94, 69–157. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2023.01.002>