جانمایی مکان‌های مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش ماهیان در آب‌های ایرانی دریای خزر

غلامرضا دریانبرد*[۱]، سید محمد وحید فارابی[۱]، حسن فضلی[۱]، عباس متین‌فر[۲]، کامیار غرّاء[۲]

*daryanabard@yahoo.com

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۶

چکیده

جانمایی مکان‌های مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش ماهیان نقش بسیار مهمی در توسعه آبزی‌پروری و موفقیت در سرمایه‌گذاری دارد. در ایران به‌دلیل محدودیت منابع آب شیرین، تمایل و توجه به استفاده از آب دریا برای توسعه آبزی‌پروری معطوف شده است. در این تحقیق از برخی پارامترهای زیستی و غیرزیستی موثر در پرورش ماهیان در قفس که طی مطالعات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ گردآوری شده‌اند، استفاده شد. محدوده مطالعه آب‌های ایرانی دریای خزر از نوار ساحلی تا عمق ۱۰۰ متر بود و با نرم‌افزارهای GIS مدل‌سازی و تحلیل زمین آماری انجام شد. نزدیک بودن مکان پرورش به نوار ساحلی، دارا بودن حداقل عمق محل استقرار ۲۰ متر، عدم تداخل با سایر فعالیت‌های دریایی، خارج بودن از حریم ۵ کیلومتری از دهانه رودخانه‌ها و دارا بودن بیشترین همپوشانی دامنه مطلوب پارامترهای محیطی از معیارهای جانمایی بود. براین اساس منطقه مرکزی در حد فاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر با طول تقریبی ۲۴۵ کیلومتر در اولویت اول و مناطق غربی و شرقی بترتیب در اولویت‌های دوم و سوم توسعه آبزی‌پروری قرار گرفتند. در منطقه مرکزی، مقدار تطابق معیارها برای استقرار قفس‌های شناور در دامنه ۹۷/۵-۸۰/۰ درصد بود و از شرق به غرب بر مقدار مطلوبیت شرایط محیطی افزوده شد. از ۱۵ نقطه‌ای که دارای بهترین و مناسب‌ترین شرایط و مطلوبیت برای استقرار قفس‌های شناور بودند، ۱۴ نقطه در مناطق حدفاصل چابکسر تا غرب رودخانه سپیدرود و یک نقطه در منطقه تنکابن قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: دریای خزر، پرورش ماهی در قفس، پارامترهای محیطی، مکان‌یابی، GIS

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

مقدمه

پرورش ماهیان در قفس نقش بسیار مهم و موثری در توسعه آبزی‌پروری در دنیا بویژه در ۳۰ سال اخیر داشته است. این نوع پرورش از سیستم‌های جدید پرورش آبزیان در محیط‌های محصور می‌باشد که به دلیل تقاضای جهانی به تولیدات آبزیان و محدودیت منابع آب‌های شیرین در نیم قرن اخیر رشد فزاینده‌ای یافته است و در حال حاضر، به عنوان سریع‌ترین مسیر در پاسخ به نیاز جهانی بویژه در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌گردد (Halwart *et al*., 2007; Pillay and Kutty, 2005). این تکنولوژی نوین معمولاً کم هزینه بوده و به فضا، ادوات فیزیکی و سرمایه اولیه کمتری نیاز دارد. از دیگر مزایای آن برداشت سریع، آسان و ارائه آبزیان تازه به بازار مصرف می‌باشد که به دلیل تازه بودن از قیمت بالاتری نیز برخوردارند (NACA, 1989). به دلیل وجود منابع زیاد آب‌های شور و لب‌شور در دنیا، گرایش به گونه‌هایی از ماهیان که برای پرورش در چنین محیطی مناسب باشند، بیش از سایر گونه‌هاست (FAO, 2012). در کشور ژاپن تحقیقات بنیادی برای پرورش ماهی در قفس در دهه ۵۰ میلادی آغاز شد و در سال ۱۹۶۰ این صنعت به توسعه مطلوب رسید. این سیستم پرورش در سال ۱۹۷۰ در کشور تایلند و در سال ۱۹۸۰ در کشور فیلیپین آغاز شد و در دهه ۷۰ میلادی کشور نروژ از پیشگامان تجاری سازی صنعت پرورش ماهیان در قفس بود (Beveridge, 2004). آبزی‌پروری و پرورش ماهیان در قفس در آب‌های شور و لب‌شور در کشورهای همسایه ایران نظیر ترکیه و امارات متحده عربی نیز توسعه یافته است. در کشور ترکیه این صنعت از سال ۱۹۸۶ آغاز شد و در سال ۱۹۹۷ مقدار تولید به ۲۰ هزار تن و در سال ۲۰۰۵ به ۶۹۶۷۳ تن افزایش یافت (Kandan *et al*., 2007).

در کشور ایران، پرورش ماهیان سابقه‌ای ۵۰ ساله دارد و آبزی‌پروری در استخرهای خاکی و با آب شیرین متداول می‌باشد (Refa, 2002). ایران با متوسط بارندگی حدود ۲۴۰ میلی‌متر در سال از کشورهای نیمه خشک محسوب می‌گردد (مسعودیان، ۱۳۸۴) و با توجه به کمبود شدید منابع آب شیرین بویژه در چند دهه اخیر و وجود دو اکوسیستم دریایی در شمال و جنوب کشور از پتانسیل خوبی برای توسعه آبزی‌پروری در قفس برخوردار می‌باشد. پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس به صورت آزمایشی در سال ۱۳۴۹ در خلیج گرگان انجام شد و پس از آن در ابتدای دهه ۶۰ خورشیدی پرورش ماهی در قفس به صورت آزمایشی در دریاچه سد دز واقع در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت (آذری، ۱۳۷۴). در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ خورشیدی امکان‌سنجی پرورش ماهیان در قفس در جنوب و شمال کشور به صورت محدود بررسی شد و در سال ۱۳۷۹ توسط شرکت REFA مطالعات منسجمی برای استقرار قفس‌های پرورشی در آب‌های ایرانی دریای خزر، دریای عمان و خلیج فارس انجام شد (Refa, 2002).

شایع‌ترین دلیل شکست پروژه‌های آبزی‌پروری در اکوسیستم‌های دریایی، مکان‌یابی نامناسب و احداث مزارع پرورش در مکان‌هایی است که تحت تاثیر شرایط نامناسب محیطی قرار دارند (Boyd and Clay, 1998). شناسایی و تعیین مکان‌های مناسب برای پرورش آبزیان کار بسیار پیچیده‌ای است و دانش عمیقی از محیط زیست دریایی و به همان اندازه، دانش جنبه‌های مختلف اجتماعی را می‌طلبد (Valvanis, 2002) و بر هزینه‌های ساخت و نگهداری، رشد و نرخ بقاء آبزیان تاثیر زیادی دارد (NACA, 1989). مکان‌یابی ضعیف و نامناسب می‌تواند علاوه بر ایجاد اختلال شدید و وارد شدن آسیب‌های جبران ناپذیر بر اکوسیستم‌های آبی، موجب بروز استرس در گونه‌های پرورشی، کاهش توان تولید و نارضایتی‌های اجتماعی شود (Naylor *et al*., 2000). قبل از پایه‌ریزی یک سیستم پرورش نیاز است که داده‌های محیطی کاملی از منطقه مورد نظر تهیه و مورد بررسی قرار گیرد (NACA, 1989). تا قبل از بکارگیری تکنولوژی GIS بسیاری از تلاش‌ها برای آبزی‌پروری در قفس به دلیل مکان‌یابی نامناسب با شکست مواجه شد (Masser, 1997). با استفاده از مدل‌های مبتنی بر GIS می‌توان کاربری یک منطقه را از جنبه‌های مختلف بررسی و تاثیر

عوامل مختلف را بر یکدیگر پیش‌بینی نمود. بدین ترتیب، مشکلات رقابت برای تصاحب فضای ساحلی و دریا برطرف می‌شود، عوامل نامطلوب به حداقل و سوددهی و توان تولید پرورش آبزیان در استفاده معقولانه از فضای ساحلی و دریایی به بیشترین مقدار خود می‌رسد (Nath *et al.*, 2000). جانمایی قفس‌های پرورش ماهیان در جزایر قناری با استفاده از پارامترهای محیطی (Perez *et al.*, 2003)، توسعه آبزی‌پروری و تولید صدف‌های خوراکی در آب‌های دور از ساحل نیوزیلند با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دمای سطحی آب (SST) و کلروفیل a (Longdill *et al.*, 2008) و بررسی ۴ مدل از قفس‌های پرورش ماهیان در جزایر غربی بریتانیا با استفاده از داده‌های پارامترهای فیزیک دریا (Falconer *et al.*, 2013) از مطالعاتی می‌باشند که با استفاده از مدل‌های اکولوژیک و تحلیل‌های زمین آماری با نرم‌افزارهای GIS انجام شده‌اند.

این تحقیق با هدف جانمایی و تعیین محدوده جغرافیایی مناسب برای توسعه آبزی‌پروری و پرورش ماهیان سردآبی در قفس‌های شناور در آب‌های ایرانی دریای خزر با استفاده از داده‌های پارامترهای زیستی و غیرزیستی موجود و مدل‌های مبتنی بر GIS انجام شد و مناسب‌ترین مناطقی که بیشترین همپوشانی دامنه مطلوب پارامترهای محیطی و کمترین تداخل را با سایر فعالیت‌های دریایی داشتند، معرفی گردید.

مواد و روش کار

برای بررسی روند تغییرات پارامترهای زیستی (تراکم فیتوپلانکتون‌ها)، غیر زیستی (دمای آب، اکسیژن محلول، شفافیت، فسفات معدنی، نیتریت و آمونیوم) و فلزات سنگین (سرب، جیوه، روی و کادمیوم) از داده‌های موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در طرح تحقیقاتی بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی منطقه جنوبی دریای خزر طی سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ استفاده شد (نصراله‌زاده، ۱۳۹۲؛ نصراله‌زاده، ۱۳۹۴). در طرح تحقیقاتی مذکور، این داده‌ها هر سال طی ۴ فصل و در ۸ ترانسکت (نیمخط عرضی عمود بر ساحل) در اعماق ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر ثبت گردید. در این بررسی از داده‌های سطح تا عمق ۲۰ متر که بیشترین تاثیر را بر قفس‌های پرورش ماهی دارند، استفاده شد. نزدیک بودن مکان پرورش به نوار ساحلی با حداقل فاصله عمقی ۲۰ متر از ساحل و عدم تداخل با سایر فعالیت‌های دریایی مانند صیادی و کشتیرانی به عنوان معیارهای اولیه برای منطقه‌بندی سواحل جنوبی دریای خزر در نظر گرفته شد.

برای آماده سازی و ایجاد پایگاه داده‌ها از نرم‌افزار Excel 2010 و برای تولید نقشه، بررسی و تحلیل‌های زمین آماری و در نهایت مکان‌یابی مناطق مناسب از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۲ استفاده شد. برای رقومی سازی و تولید لایه‌های داده‌های عوارض جغرافیایی از نقشه‌های چاپی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و برای تولید خطوط همتراز عمق از داده‌های مدل رقومی ارتفاعی عمق دریای خزر با دِیتوم WGS1984 استفاده گردید. برای پروجکشن و تصحیح سیستم مختصات لایه‌های عوارض جغرافیایی تولید شده، از دِیتوم WGS1984 و سیستم تصویر لامبرت متشابه مخروطی با پارامترهای مناسب برای کشور ایران استفاده شد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۵). برای درون‌یابی و ایجاد سطح پیوسته از پارامترهای محیطی از روش Ordinary Kriging استفاده شد و مقدار نقطه مجهول با استفاده از ترکیب خطی از نقاط مرجع (که در همسایگی آن قرار دارند) محاسبه شد. برای جانمایی مناطق مناسب برای آبزی‌پروری با استفاده از داده‌های پارامترهای زیستی و غیرزیستی، فعالیت‌های دریایی مانند صیادی و کشتیرانی، نیازهای اکولوژیکی و دامنه مطلوب برای پرورش ماهیان سردآبی، ابتدا معیارها و محدودیت‌ها تعیین شد و کل منطقه مورد مطالعه براساس هر معیار و محدودیت به طور جداگانه امتیازبندی شد. پس از بررسی همپوشانی معیارها و محدودیت‌ها، مناطقی که دارای بیشترین امتیاز

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

معیارهای مناسب برای آبزی‌پروری و کمترین امتیاز محدودیت‌ها بودند، به عنوان مناطق مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش تعیین شدند (Abbaspour *et al.*, 2011). سپس، در لایه عمقی ۵۰-۲۰ متر پیکسل‌های لایه رستری توزیع مکانی تطابق معیارها امتیازبندی شده و از میان آنها ۱۵ نقطه‌ای که دارای بیشترین امتیاز بودند، انتخاب شد. در انتخاب این نقاط ۲۵۰۰ متر حریم در نظر گرفته شد تا در صورت قرار گرفتن دو نقطه مناسب در کنار هم، فاصله و حریم ۵ کیلومتری سایت‌های پرورش رعایت شود. حد مطلوب پارامترهای محیطی برای پرورش ماهیان سردآبی در قفس‌های شناور با توجه به جدول ۱ تعیین گردید.

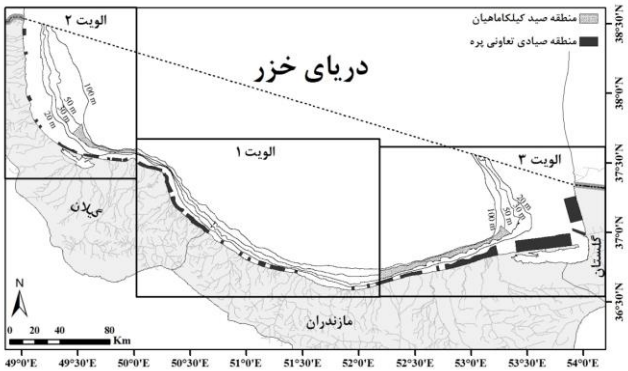
جدول ۱: مقادیر استاندارد پارامترهای زیستی و غیرزیستی مناسب برای آبزی‌پروری ماهیان سردآبی در دریا

Table 1: Standard values of biotic and abiotic parameters suitable for cold-water aquaculture fish in the sea

پارامتر محیطی	دامنه و مقدار مطلوب	مرجع
دمای آب	۱۰ تا ۲۲ درجه سانتی گراد	(اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹)
اکسیژن محلول	بیش از ۶ میلی‌گرم بر لیتر	(اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹)
شفافیت	بیش از ۳ متر	(اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹)
فسفات معدنی	کمتر از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر	(اسماعیلی ساری، ۱۳۸۳)
نیتریت	کمتر از ۰/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر	(سی‌گریو و همکاران، ۱۳۸۲)
آمونیوم	کمتر از ۲ میلی‌گرم بر لیتر	(سی‌گریو و همکاران، ۱۳۸۲)
فیتوپلانکتون	تراکم کمتر از $۱۰^{۶}$×۱۰۰ عدد در مترمکعب	(Zohary and Roberts, 1990)
سرب	کمتر از ۳۰ میکروگرم بر لیتر	(اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱)
جیوه	کمتر از ۲۰ میکروگرم بر لیتر	(اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱)
روی	کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر	(اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱)
کادمیوم	کمتر از ۱۰ میکروگرم بر لیتر	(اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱)

نتایج

منطقه حدفاصل شهرستان‌های خشت‌سر در استان مازندران تا کیاشهر در استان گیلان با طول تقریبی ۲۴۵ کیلومتر به دلیل شیب زیاد بستر و دارا بودن شرایط عمقی مناسب به عنوان اولویت اول و مناطق غربی و شرقی این محدوده بترتیب در اولویت‌های دوم و سوم برای توسعه آبزی‌پروری تعیین شدند (شکل ۱). میانگین فاصله ساحل تا عمق ۲۰ متر در محدوده خشت‌سر تا کیاشهر حدود ۳ کیلومتر و در مناطق غربی و شرقی بترتیب حدود ۱۱ و ۲۵ کیلومتر محاسبه شد. بیشترین مقدار این فاصله در منطقه غربی ۱۵ کیلومتر و در منطقه شرقی بیش از ۵۱ کیلومتر بود.



شکل ۱: منطقه‌بندی سواحل ایرانی دریای خزر برای توسعه آبزی‌پروری

Figure 1: Zoning Iranian coast of the Caspian Sea for the development of aquaculture

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

همچنین در منطقه اولویت ۱ هیچ تداخلی با فعالیت شرکت‌های تعاونی صیادی پره و شناورهای کیلکاگیر مشاهده نشد. محدوده عمقی فعالیت صیادی شرکت‌های تعاونی پره کمتر از ۲۰ متر بود. محدوده جغرافیایی صیدگاه کیلکا ماهیان کاملاً خارج از این منطقه می‌باشد (شکل ۱).

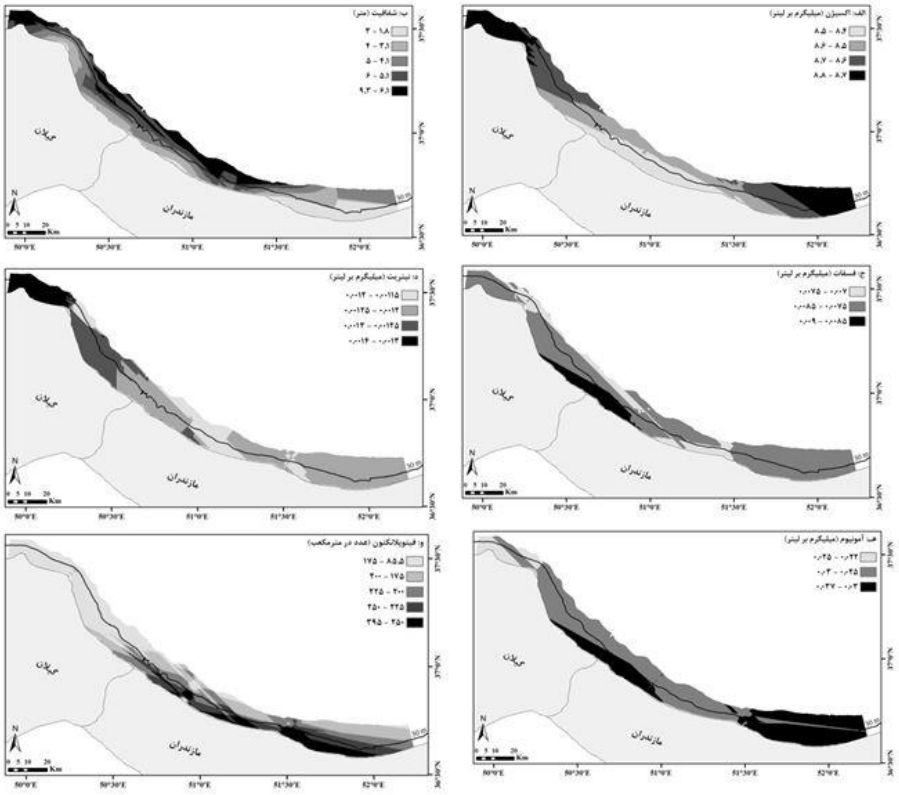
دامنه نوسانات سالانه دمای آب در محدوده حدفاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر ۲۹/۰-۹/۴ درجه سانتی‌گراد بود. دامنه نوسانات دمای آب در بهار، تابستان، پاییز و زمستان بترتیب ۲۰/۴-۱۵/۲، ۲۹/۰-۲۴/۰، ۱۸/۵-۱۵/۳ و ۱۱/۲-۹/۴ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. با توجه به دامنه دمای مطلوب آب برای پرورش ماهیان سردآبی، پارامتر دمای آب در فصل تابستان عاملی محدودکننده بود. فصل‌های پاییز، زمستان و بهار به عنوان فصول مناسب برای پرورش ماهیان سردآبی در قفس‌های شناور تعیین شدند. به دلیل نامناسب بودن شرایط دمایی برای پرورش ماهیان سردآبی در فصل تابستان، در بررسی سایر پارامترهای زیستی و غیر زیستی از داده‌های فصل تابستان صرف نظر شد و دامنه تغییرات سالانه سایر پارامترها (بجز فصل تابستان) در حد فاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت. بجز پارامتر زیستی تراکم فیتوپلانکتون و پارامتر غیر زیستی شفافیت، دامنه تغییرات مقادیر سایر پارامترها، در محدوده مقدار مجاز برای پرورش ماهیان در محیط‌های دریایی بود و از عوامل محدودکننده نبودند.

دامنه تغییرات مقدار اکسیژن محلول ۸/۸-۸/۴ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد و مقدار آن در نواحی غربی و شرقی بیش از نواحی میانی بود (شکل ۲ الف). در اعماق کمتر از ۲۰ متر محدوده خشت‌سر تا نوشهر و در لایه عمقی ۵۰-۲۰ متر ایزدشهر تا رویان مقدار شفافیت کمتر از ۳ متر ثبت شد و برای پرورش ماهیان از مطلوبیت کمتری نسبت به سایر مناطق برخوردار بود (شکل ۲ ب). بدین ترتیب، پارامتر شفافیت در این مناطق برای پرورش ماهیان، عاملی محدودکننده بود. مقدار فسفات معدنی محلول در آب بسیار کمتر از مقدار مجاز آن برای پرورش ماهیان بود و دامنه تغییرات آن در بیشتر مناطق و لایه‌های عمقی ۰/۰۰۸۵ -۰/۰۰۷۵ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد (شکل ۲ ج). مقدار نیتریت نیز بسیار کمتر از مقدار مجاز بود و بیشترین مقدار آن با دامنه ۰/۰۰۱۴-۰/۰۰۱۳ میلی‌گرم بر لیتر در منطقه لاهیجان تا کیاشهر و در استان گیلان مشاهده شد. به طور کلی، آب‌های استان مازندران، بویژه در اعماق بیش از ۳۰ متر، از مقدار نیتریت کمتری نسبت به آب‌های استان گیلان برخوردارند و از این نظر دارای شرایط بهتری بودند (شکل ۲ د). دامنه تغییرات مقدار آمونیوم ۰۳۷/-۰۰/۰۲۲ میلی‌گرم در لیتر بود و آب‌های استان مازندران در مقایسه با آب‌های استان گیلان از مقدار آمونیوم بیشتری برخوردار بودند، بطوریکه بیشترین مقدار آمونیوم در تمامی لایه‌های عمقی محدوده خشت‌سر تا چالوس و در اعماق کمتر از ۳۰ متر نشتارود تا رودسر مشاهده شد (شکل ۲ ه).

تراکم فیتوپلانکتون در آب‌های استان مازندران بیش از استان گیلان بود. در اعماق بیشتر از ۳۰ متر، تراکم فیتوپلانکتون در آب‌های استان گیلان در دامنه ۱۷۵-۸۵/۵ میلیون عدد در مترمکعب و در استان مازندران در دامنه ۲۵۰-۱۷۵ میلیون عدد در مترمکعب ثبت شد. بدین ترتیب، پارامتر زیستی تراکم فیتوپلانکتون به عنوان عاملی محدودکننده برای پرورش ماهیان تعیین گردید (شکل ۲ و).

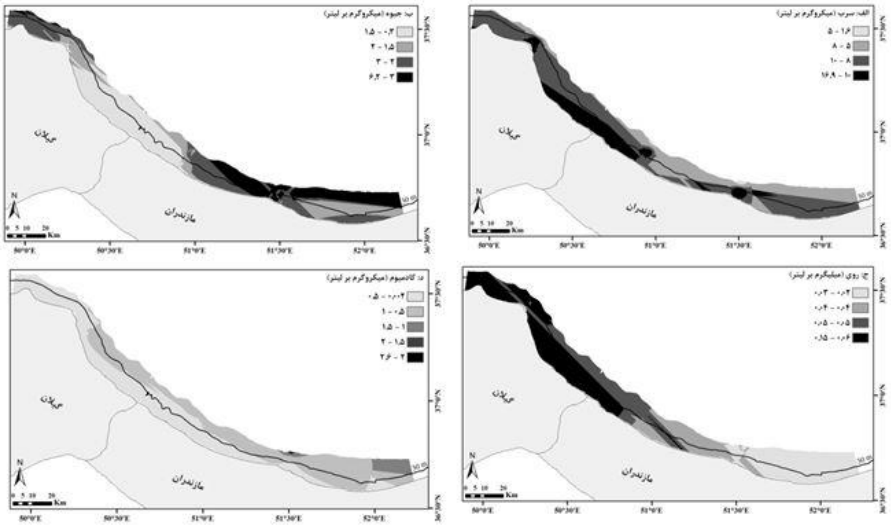
دامنه تغییرات فلزات سنگین سرب، جیوه، روی و کادمیوم بسیار کمتر از مقدار مجاز برای پرورش ماهیان بود. دامنه تغییرات مقدار سرب در اعماق بیش از ۳۰ متر در استان گیلان و بیشتر مناطق استان مازندران، ۱۰-۵ میکروگرم بر لیتر بود (شکل ۳ الف). کمترین مقدار جیوه با دامنه ۱/۵-۰/۳ میکروگرم بر لیتر در تمامی لایه‌های عمقی منطقه تنکابن تا لنگرود مشاهده شد و بیشترین مقدار آن در اعماق بیش از ۳۰ متر منطقه خشت‌سر تا عباس‌آباد در استان مازندران ثبت گردید (شکل ۳ ب).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]



شکل ۲: روند تغییرات پارامترهای زیستی و غیرزیستی در محدوده خشت‌سر تا کیاشهر در فصول پاییز، زمستان و بهار

Figure 2: The trend of biotic and abiotic parameters within Khesht Sar to Kiashahr in autumn, winter and spring.



شکل ۳: روند تغییرات فلزات سنگین در محدوده خشت‌سر تا کیاشهر در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار

Figure 3: The trend of heavy metals within Khesht Sar to Kiashahr in autumn, winter and spring.

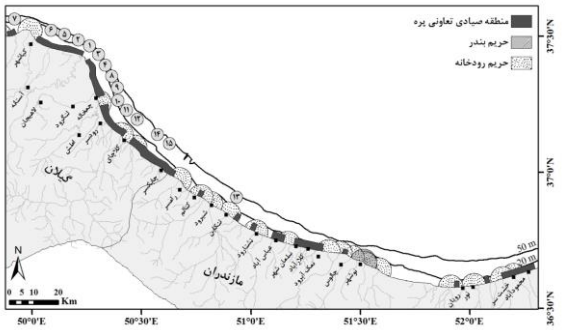
[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

آب‌های ساحلی استان مازندران در مقایسه با استان گیلان دارای جیوه بیشتری بودند. مقدار این فلز در بیشتر قسمت‌های گیلان کمتر از ۲ میکروگرم بر لیتر بود، ولی در بیش از ۵۰ درصد از آب‌های ساحلی استان مازندران مقدار جیوه در دامنه ۶/۲-۲ میکروگرم بر لیتر مشاهده شد. برخلاف جیوه، مقدار فلز سنگین روی در آب‌های استان گیلان بیش از استان مازندران بود. در اعماق کمتر از ۳۰ متر آب‌های استان گیلان مقدار روی بیشتر و در دامنه ۰/۱۵-۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد در حالیکه در بیشتر مناطق استان مازندران مقدار روی در دامنه ۰/۰۴-۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر قرار دارد و کمترین مقدار آن در تمامی لایه‌های عمقی منطقه خشت‌سر تا نوشهر ثبت گردید (شکل ۳ ج). در اعماق بیش از ۳۰ متر منطقه خشت‌سر تا رویان مقدار کادمیوم زیاد و در دامنه ۱/۵-۱/۰ میکروگرم بر لیتر بود، ولی در همین اعماق و در محدوده لنگرود تا کیاشهر مقدار آن کمتر از ۰/۵ میکروگرم بر لیتر ثبت شد (شکل ۳ د). بدین ترتیب، آب‌های استان گیلان دارای مقادیر کمتری از فلز سنگین کادمیوم بودند.

در منطقه حد فاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر، مقدار تطابق معیارهای تعیین مکان مناسب برای استقرار قفس‌های شناور در دامنه ۹۷/۵-۸۰/۰ درصد بود و مقدار میانگین (±انحراف معیار) تطابق معیارها در این محدوده ۸۷/۷±۳/۹ درصد محاسبه شد. در این محدوده مقادیر تطابق با معیارهای مناسب محیطی به ۴ گروه و اولویت برای استقرار قفس‌های پرورشی شناور تعیین شد:

- ۹۷/۵-۹۰/۵ درصد (اولویت ۱)
- ۹۰/۵-۸۷/۰ درصد (اولویت ۲)
- ۸۷/۰-۸۳/۵ درصد (اولویت ۳)
- ۸۳/۵-۸۰/۰ درصد (اولویت ۴)

بیش از ۸۵ درصد از آب‌های استان گیلان در اولویت ۱ و ۲ قرار گرفتند و اعماق کمتر از ۳۰ متر و بیشتر از ۵۰ متر حدفاصل چابکسر تا رودسر در اولویت ۳ و ۴ قرار گرفتند. در استان مازندران منطقه کوچکی در اعماق بیش از ۵۰ متر مقابل رودخانه خشک‌رود، اعماق ۵۰-۳۰ متر مقابل رودخانه خیرود و مناطق محدودی در اعماق ۱۰۰-۳۰ متر حدفاصل تنکابن تا رامسر در اولویت ۲ قرار دارد و مابقی مناطق در اولویت ۳ و ۴ قرار گرفتند. در لایه عمقی ۵۰-۲۰ متر حد فاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر ۱۵ نقطه‌ای که دارای بیشترین امتیاز بودند، انتخاب شدند. ۱۴ نقطه در حدفاصل چابکسر تا کیاشهر و ۱ نقطه در تنکابن و مقابل مصب رودخانه چشمه کیله قرار گرفت (شکل ۴).



شکل ۴: مناسب‌ترین نقاط برای استقرار قفس‌های پرورشی شناور در حدفاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر

Figure 5: The most suitable points for the establishment of floating breeding cages in between the cities of Khashtar to Kyashahr.

بجز نقاط ۳ (شرق رودخانه کهنه سپیدرود)، ۶ (مقابل آستانه و مصب رودخانه تازه چای) و ۱۰ (رودسر) که در لایه عمقی ۳۰-۲۰ متر بودند، مابقی نقاط در لایه عمقی ۵۰-۳۰ متر قرار گرفتند. همچنین، کمترین و بیشترین فاصله از ساحل بترتیب با ۵۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ متر مربوط به نقاط ۱ و ۱۴ بود که بترتیب در مقابل مصب رودخانه کهنه سپیدرود و مقابل رودخانه قاسم‌آباد قرار داشتند.

بحث و نتیجه گیری

انتخاب مکانی که دارای بیشترین همپوشانی معیارهای مطلوب و کمترین امتیاز محدودیت‌ها باشد و همچنین کمترین تداخل را با سایر فعالیت‌های دریایی داشته باشد،

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت در توسعه آبزی‌پروری است. در اکوسیستم‌های آبی، هر منطقه دارای شرایط اکولوژیک منحصر بخود می‌باشد و قوانین و مقررات خاص خود را دارد که باید توسط سرمایه‌گذاران و کاربران رعایت شوند. با آغاز آبزی‌پروری، شرایط زیست محیطی اطراف سایت‌های پرورش تغییر می‌کند که می‌تواند بر مقدار تولید تاثیر نامطلوبی داشته باشد. بدین ترتیب، منطقه‌ای که برای آبزی‌پروری انتخاب می‌شود باید دارای وسعت کافی، کیفیت آب مناسب، عمق کافی برای پالایش و عدم تاثیرپذیری از رودخانه‌ها و تجمع مواد آلی شسته شده در ساحل باشد (Masser, 1997).

در این تحقیق با توجه به عوامل زیستی و غیرزیستی، حداقل عمق محل استقرار قفس ۲۰ متر مدنظر قرار گرفت و در منطقه میانی که دارای اولویت اول آبزی‌پروری بود، شیب بستر زیاد بود و جریانات دریایی موجب جابجایی توده آب و در نتیجه اجتناب از تجمع مواد زائد گردید (NACA, 1989). در بررسی و مقایسه پارامترهای کیفی آب با استانداردهای زیست محیطی و آبزی‌پروری (واحدی و همکاران، ۱۳۹۰؛ اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۳) مشخص گردید که کیفیت آب منطقه جنوبی دریای خزر در محدوده نوار ساحلی تا عمق ۲۰ متر برای استقرار قفس‌های پرورش مناسب نیست. این منطقه تحت تاثیر رودخانه‌ها و تراکم انواع آلودگی‌های صنعتی، شهری، سموم کشاورزی و فضولات دامی می‌باشد (واردی و همکاران، ۱۳۹۰؛ فارابی و همکاران، ۱۳۹۰). مناطق کم عمقی که در معرض ورود مواد فرسایشی و گل و لای ساحلی هستند، با کمبود شدید اکسیژن و تغییرات شدید دمایی پس از بارندگی و سیلاب مواجه می‌شوند (Masser, 1997). امکان حمل و انتقال آلودگی فلزات سنگین، کاهش شوری پس از سیلاب و ورود حجم زیاد آب رودخانه به دریا، رسوب مواد جامد معلق روی قفس‌ها و کاهش جابجایی و تعویض آب، رسوب مواد جامد روی آبشش ماهیان و کاهش کارایی تنفسی و کمبود اکسیژن، محدود شدن میدان دید ماهیان در آب‌های گل آلود و کاهش تغذیه از جمله خساراتی است که در صورت استقرار سایت‌های پرورش در آب‌های کم عمق ساحلی و اعماق کمتر از ۲۰ متر بسیار محتمل می‌باشد (NACA, 1989). از طرفی در دو دهه اخیر در کرانه ساحلی جنوب دریای خزر به دلیل افزایش بار مواد مغذی و آلاینده‌های زیست‌محیطی، شرایط اکولوژی منطقه از وضعیت الیگوتروفی به مزو-یوتروفی تغییر کرده است که در پی این تغییر در چند مورد شکوفایی جلبکی در مناطق کم عمق و نزدیک به ساحل مشاهده شد (Nasrollahzadeh *et al.*, 2008). به همین دلیل در این تحقیق حریم ۵ کیلومتری مصب رودخانه‌ها و حداقل فاصله عمقی ۲۰ متر برای محل استقرار قفس به عنوان عوامل محدودکننده بود و در مکان‌یابی حذف شدند. در اعماق بیش از ۵۰ متر میانگین شفافیت آب به حدود ۷-۶ متر می‌رسد و با مناطق کم عمق و نزدیک به ساحل کاملاً متفاوت (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹) و از نظر کیفیت آب برای آبزی‌پروری بسیار مناسب هستند، ولی استقرار قفس‌های شناور در اعماق بیش از ۵۰ متر با مشکلات اتصال و تثبیت قفس‌ها به بستر مواجه می‌باشند. در چنین اعماقی استفاده از قفس‌های غوطه‌ور، آسانسوری یا با پایه‌های کششی توصیه می‌شود.

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در مکان‌یابی برای استقرار قفس‌های پرورش، تداخل فعالیت‌های آبزی‌پروری با فعالیت‌های صید و صیادی ماهیان است. صید و بهره‌برداری از ذخایر ماهیان استخوانی، کیلکاماهیان و ماهیان خاویاری در تمامی نوار ساحلی ایران و در تمام طول سال وجود دارد (دریانبرد، ۱۳۹۳). همچنین موج‌هایی که از عبور شناورها در دریا بوجود می‌آیند، علاوه بر بروز استرس در ماهیان، می‌توانند اثرات نامطلوبی بر قفس‌های پرورش بگذارند. به همین دلیل مکان سایت‌های پرورش باید تا حد امکان خارج از محل تردد شناورها انتخاب شود (NACA, 1989). در این تحقیق، مکان مناسب پیشنهادی (محدوده شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر) خارج از محدوده صید شناورهای کیلکاگیر و منطقه صید ماهیان استخوانی می‌باشد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

در بین پارامترهای محیطی موثر در آبزی‌پروری، دمای آب مهم‌ترین پارامتر و یکی از عوامل محدودکننده محسوب می‌شود. دمای آب به تنهایی مهمترین عامل است و بیش از سایر پارامترهای محیطی بر رشد و تولیدمثل موجودات موثر است (Masser, 1997). تغییرات دمای آب بر متابولیسم، فعالیت، مصرف اکسیژن، تولید آمونیاک و دی‌اکسیدکربن، نرخ تغذیه، تبدیل غذایی و رشد ماهی تاثیر می‌گذارد (NACA, 1989). دامنه دمایی مطلوب برای پرورش ماهیان سردآبی ۲۲-۱۰ درجه سانتی‌گراد است (اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹). براساس نتایج این تحقیق، این دامنه مطلوب دمایی در آب‌های سطحی منطقه جنوبی دریای خزر از نیمه دوم آبان ماه تا اواخر اردیبهشت ماه مهیا می‌باشد. در فصل تابستان دامنه تغییرات دمای آب به ۳۳-۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و برای پرورش ماهیان سردآبی در قفس‌های شناور مناسب نمی‌باشد. البته در فصل تابستان پرورش ماهیان در قفس‌های غوطه‌ور و استقرار در لایه دمایی مناسب امکان‌پذیر است. بجز دمای آب در فصل تابستان، مابقی پارامترهای زیستی و غیر زیستی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند، عامل محدود کننده نبودند و کل نوار ساحلی آب‌های ایرانی دریای خزر از شرایط مطلوب کیفی آب برخوردار می‌باشند.

در منطقه حد فاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر، از شرق به غرب بر مقدار مطلوبیت عوامل انتخاب محل استقرار قفس افزوده شد و نواحی غربی این منطقه از اولویت بیشتری نسبت به مناطق شرقی برخوردار می‌باشند. بطوریکه بیشترین تطابق معیارها با دامنه ۹۷/۵-۹۰/۰ درصد در حد فاصل منطقه چمخاله تا کیاشهر مشاهده شد و اعماق کمتر از ۳۰ متر در مناطق نور، رویان و تنکابن تا رودسر دارای کمترین مقدار تطابق معیارها بودند. در اعماق ۵۰-۲۰ متر نیز کمترین و بیشترین تطابق معیارها بترتیب در محدوده خشت‌سر تا نشتارود و چابکسر تا کیاشهر مشاهده گردید.

مناطق شرقی و غربی حدفاصل شهرستان‌های خشت‌سر تا کیاشهر که از شیب ملایم و عمق کم برخوردارند، بشدت تحت تاثیر رودخانه‌های حوضه آبریز هستند و همچنین کاملاً در محدوده فعالیت صیادی شرکت‌های تعاونی صیادی پره و منطقه صید کیلکاماهیان می‌باشند. در چنین مناطقی پرورش ماهیان در تمام طول سال امکان‌پذیر نمی‌باشد و باید دوره پرورش را به ۶ ماهه اول سال که زمان تعطیلی فعالیت صیادی ماهیان استخوانی است، محدود نمود. همچنین، با توجه به شرایط خاص اکولوژیک این مناطق که تغییرات شدید شرایط زیست محیطی در صورت بارندگی‌های شدید و سیلابی شدن رودخانه‌ها بسیار محتمل می‌باشد، می‌توان از گونه‌های گرمادوست و مقاوم در برابر تغییرات شدید دمایی نظیر ماهی کپور معمولی استفاده نمود.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۷۹. مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی پروری. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۶۳ صفحه.

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. ۷۱۴ صفحه.

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۳. هیدروشیمی بنیان آبزی پروری. انتشارات اصلانی. ۲۴۹ صفحه.

آذری، ع.ح.، ۱۳۷۴. بررسی مقایسه‌ای امکان پرورش آزادماهیان در قفس‌های شناور آب‌های لب‌شور و شیرین. پایان نامه، دانشگاه تهران.

دریانبرد، غ.ر.، ۱۳۹۳. پراکنش جغرافیایی ماهیان استخوانی در آب‌های ایرانی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۵ صفحه.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۵. ضوابط عمومی و دستورالعمل ایجاد پایگاه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای کاربردهای مطالعاتی بخش کشاورزی و منابع

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

طبیعی. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۳۵۷. ۶۴ صفحه.

فارابی، س.م.و.، روشن‌طبری، م.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، رستمیان، م. و گل‌آقایی، م. ۱۳۹۰. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی‌های زیست محیطی حوزه جنوبی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۲ صفحه.

فضلی، ح.، فارابی، س.م.و.، دریانبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن‌طبری، م. و روحی، ا. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر در سال‌های ۸۵ـ۱۳۷۴. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۸۷ صفحه.

مسعودیان. ا. ۱۳۸۴. رژیم بارشی ایران. مجله پژوهش جغرافیایی، ۳۷: ۵۹ـ۴۷.

نصراله زاده، ح. ۱۳۹۲. گزارش نهایی هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های طرح زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۲۱۶ صفحه.

نصراله زاده، ح. ۱۳۹۴. گزارش نهایی هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های طرح زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۲۲۴ صفحه.

واحدی، ف.، علومی، ی.، نصراله تبار، ع.، یونسی‌پور، ح.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م. و دلیناد، غ. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیکو شیمیایی آب در حوزه جنوبی دریای خزر. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۷۲ صفحه.

واردی، ا.، نصراله زاده، ح.، نجف‌پور، ش.، واحدی، ف.، غلامی‌پور، س.، یونسی‌پور، ح.، علومی، ی.، طالشیان، ح. و احمدنژاد، ا.، ۱۳۹۰. بررسی آلاینده‌های زیست محیطی (فلزات سنگین، هیدرکربورهای نفتی، سورفاکتانت‌ها و سموم کشاورزی) در سواحل جنوبی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۷ صفحه.

Abbaspour, M., Mahini, A. S., Arjmandy, A. and Naimi, B., 2011. Integrated approach for land use suitability analysis. International Agrophysics, 25:311-318.

Beveridge, M.C.M., 2004. Cage Aquaculture. 3rd edn. Willey-Blackwell, New Jersey, USA.380P.

Boyd, C.E. and Clay, J.W. 1998. Shrimp aquaculture and the environment. Scientific American, 278:58-65.

Falconer, L., Hunter, D.C., Scott, P.C., Telfer, T.C. and Ross, L.G. 2013. Using physical environmental parameters and cage engineering design within GIS-based site suitability models for marine aquaculture. Aquaculture Environment Interactions, 4:223-237. **(**doi: 10.3354/aei00084)

FAO, 2012. The state of world fisheries and aquaculture. FAO, Rome, Itay.209P.

Halwart, M., Soto, D. and Arthur, J.R., 2007. Cage aquaculture, regional reviews and global overview. In: FAO Fisheries Technical Paper 498. FAO, Rome, Itay.241P.

Kandan, A., Karatash, S. and Kucuktas, H., 2007. Marine aquaculture in Turkey. Türk Deniz Araştırmaları Vakfı-Turkish Marine Research Foundation (TÜDAV).

Longdill, P.C., Healy, T.R. and Black, K.P., 2008. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

site selection. Ocean and Coastal Management, 51:612-624. (doi: 10.1016/j.ocecoaman.2008.06.010)

Masser, M.P., 1997. Cage culture site selection and water quality (SRAC Publication No. 161). Southern Regional Aquaculture Center, Mississippi, USA.4P.

Nasrollahzadeh, H., Din, Z.B., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research, 28:1153-1165. (doi: 10.1016/j.csr.2008.02.015)

Nath, S.S., Bolte, J.P., Ross, L.G. and Aguilar-Manjarrez, J., 2000. Applications of geographic information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. Aquacultural Engineering, 23:233-78.(doi: 10.1016/S0144-8609(00)00051-0)

Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M. and Clay, J., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature, 405(29):1017-1024. (doi:10.1038/35016500)

Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA), 1989. Site selection criteria for marine finfish netcage culture in Asia. FAO, Bangkok, Thailand.21P.

Perez, O.M., Ross, L.G., Telfer, T.C. and Del Campo Berquin, L.M., 2003. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS. Aquacultural, 224:51-68. (doi:10.1016/S0044-8486(02)00274-0)

Pillay, T.V.R. and Kutty, M.N., 2005. Aquaculture: Principles and Practices. 2nd edn. Wiley-Blackwell, New Jersey, USA.640P.

Refa Holding AS, 2002. Main frame study for sea cage culture development in Iran (Executive report to the Iran Fisheries Organization). Refa Holding AS, Oslo.

Valavanis, V., 2002. Geographic information systems in oceanography and fisheries. Taylor and Francis, London, UK. 209P.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

Site selection for suitable fish cage culture in the Iranian waters of the Caspian Sea

Drayanabard Gh.[1*], Farabi S.M.V.[1], Fazli H.[1], Matinfar A.[2], Gharra K.[2]

*daryanabard@yahoo.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Sari, Iran
2-Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Sari, Iran

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.12.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557]

Abstract

Selecting suitable sites for the establishment of cage based aquaculture has a very important role in aquaculture development and investment success. In Iran, there is a growing tendency for seawater aquaculture development due to the limited resources of freshwater. In the present study, the effective biotic and abiotic factors in cage culture that were collected through the hydrological and hydrobiological studies from 1387 to 1389 were analyzed. Iranian waters of the Caspian Sea from shoreline to the depth of 100 meters were investigated with the use of Geographic Information Systems (GIS). Analysis was carried out based on the site selection criteria including the minimum depth of 20 m, short distance from the beach, no interference with other maritime activities, being at least 5 km far from the river mouth and the most suitable environmental parameters. Results indicated that Iranian waters of the Caspian Sea were appropriate for cage culture in which, central region between the cities of Kheshtsar to Kiashahr with an approximate length of 245 km was the first priority and the western and eastern regions were the second and the third priorities for aquaculture development, respectively. In central region, the match compliance criteria for the establishment of floating cages were 80 to 97.5 percent and the suitability of the environmental conditions were increased from the east to the west. Fourteen sites out of the fifteen suitable sites, which had the most appropriate conditions for the establishment of floating cages, were in a region between Chaboksar and the western part of Sepidroud River and the remaining site was in Tonekabon region.

Keywords: Caspian Sea, Cage aquaculture, Environmental parameters, Site selection, GIS

*Corresponding author