مجله ایمنی زیستی
دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶

شناسايي و پهنه‌بندي مناطق مناسب آبزي‌پروري با تاكيد بر ريسک فلزات سنگين و هيدروكربن‌ها در حوزه آبريز قره‌سو و خليج گرگان

مهران جهانشاهی[1*]، رضا اکرمی[2]، زید احمدی[3]، مزدک دربیکی[4]، یوسف بهلکه[5]

۱-کارشناس اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان، ایران

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی آزادشهر، ایران

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی آزادشهر، ایران

٤- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی قائمشهر، ایران

۵- کارشناس اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان، ایران

mtajahanshahie@yahoo.com

چکیده

تولید غذای سالم و عاری از آلودگی‌هایی نظیر: فلزات سنگین و سموم، در اراضی کشور با توجه به استفاده بی‌رویه از کود و سموم شیمیایی و داروهای نوترکیبی که ماندگاری طولانی در طبیعت دارند، دشوار و تقریبا ناممکن شده است. شناسایی پتانسیل‌های موجود در محیط با توجه به زیرساخت‌های موجود و ایجاد شده، حفظ کاربری‌های موجود و حفاظت از تغییر کاربری‌های ناسازگار، کنترل و کاهش آلاینده‌های محیطی و شیمیایی، افزایش بهره‌وری و افزایش تولید در واحد سطح و افزایش بهره‌برداری از منابع مالی و اعتباری، کاهش استرس‌های محیطی و کاهش بیماری‌های آبزیان و غیره از اهم نتایج کاهش ریسک مخاطرات می‌باشد. چراکه میزان فلزات سنگین، به‌دلیل اثرات متعدد از جمله کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییر ژنتیک، سمیت فلزات‌سنگین، تجمع در زنجیره‌غذایی در اکوسیستم‌های آبی و بافت‌های مختلف آبزیان و اهمیت مسائل بهداشتی برای انسان‌ها بررسی می‌شود. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی پهنه‌های مناسب آبزی‌پروری در حوزه آبریز خلیج گرگان با رعایت تمامی پارامترهای توان اکولوژیک، توان اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی و ریسک‌های بهداشتی فلزات سنگین بوده است. در این مطالعه سعی شده تا با اتخاذ روشی متداول در دنیای مدرن، راهی مناسب برای شناسایی و پهنه‌بندی مناطق مستعد آبزی‌پروری در حوزه خلیج گرگان بیابیم که در صورت رسیدن به اهداف پیش‌بینی شده، در سرتاسر استان قابلیت تعمیم داشته و تولیدات آبزیان بر پایه صادرات محور در برنامه‌های توسعه‌ای گنجانیده شود.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، آبزی‌پروری، ریسک فلزات سنگین، حوزه خلیج گرگان

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

مقدمه

نادرستی استفاده از سرزمین به این معناست که از زمین و آب به اندازه توان یا پتانسیل آن استفاده نمی‌شود. به‌طور خیلی ساده، در این موارد، سرزمینی مورد کشاورزی قرار می‌گیرد که توانی برای تولید فرآورده‌های کشاورزی ندارد یا این کاربری در آن دارای اولویت نیست. دلیل اصلی کاهش بیش از حد منابع، استفاده غیرمنطقی انسان از سرزمین است. سرزمین یک منبع محدود و آسیب‌پذیر است، اما بسیاری از سودمندی‌های آن اگر بی‌جا استفاده نشود، ابدی و غیرقابل تجدید می‌باشد (۱).

ارزیابی توان محیط زیست چیزی نیست که یک‌باره و برای همیشه انجام گیرد، بلکه بنابر تغییرات پیش آمده در یک یا تمام متغیرهای زمانی این عمل باید تکرار شود. متغیرهای زمانی که تحت عناوین منابع انسانی، منابع فرهنگی و یا منابع اقتصادی اجتماعی مطرح می‌شوند، زمانی که با منابع اکولوژیکی جمع می‌شوند، منابع زیست محیطی را تشکیل خواهند داد. ارزیابی محیط به‌طور ساده به‌معنای دادن ارزش به یک واحد سرزمین است (۲).

شناسایی منابع اکولوژیکی پایدار و ناپایدار احتیاج به تخصص‌های ویژه‌ای دارد و شامل: شناخت منابع فیزیکی و منابع بیولوژیکی محیط پیرامون می‌باشد. این پارامترها جهت شناسایی مناطق مستعد و بالقوه آبزی‌پروری مورد نیاز برنامه‌ریزان بوده و اطلاعات تولید شده، جزئی از الزامات ایجاد مراکز آبزی‌پروری است.

امروزه، دامنه استفاده از محیط زیست ساحلی- دریایی بسیار گسترده است و واحدهای مختلف کاربر از ناحیه ساحلی همچون پایانه‌های ترابری دریایی و لنگرگاه‌ها، آبزی‌پروران، ماهی‌گیران، بهره‌برداران جنگل، کشاورزان، نیروگاه‌ها، کارخانجات و صنایع، بهره‌برداران از منابع فسیلی، معادن و کانی‌های اراضی ساحلی، مناطق آزاد تجاری و تفرجگاه‌ها، رو به سواحل آورده‌اند و در نتیجه، چالش‌های موجود بین این کاربران ناحیه ساحلی در سه حیطه رقابت برای در اختیار داشتن منابع، تضاد در بهره‌وری از منابع بیوفیزیکی و اولویت‌ها، منجر به دگرگونی چهره سواحل و زیستگاه‌های طبیعی آن شده است. بر اساس برآوردها تا سال ۲۰۲۰ نزدیک به ۷۵ درصد از جمعیت جهان در مناطق ساحلی ساکن خواهند بود (۳). به همین دلیل، این مناطق با وجود برخورداری از توان بالای بهره‌برداری و خود ترمیمی، در معرض تهدید فشارهای روزافزون جوامع انسانی قرار دارند. بنابراین، با توجه به رشد جمعیت، توسعه صنعتی، شهری و گردشگری، انباشت و تداوم این فشارها می‌تواند بقاء و موجودیت منابع ساحلی- دریایی را به مخاطره اندازد. در این میان، آلودگی دریاها و تاثیر فعالیت‌های خشکی که حاصل توسعه اقتصادی- اجتماعی در خط ساحلی و حوضه‌های آبریز آن است، از مهمترین چالش‌ها در اغلب کشورهای جهان است که به‌طور مستقیم زیستگاه‌های ساحلی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با توجه به نکات یاد شده، ضرورت‌های شناسایی پهنه‌ها و مناطق مناسب آبزی‌پروری عبارتند از:

شناسایی پتانسیل‌های موجود در محیط با توجه به زیرساخت‌های موجود و ایجاد شده، حفظ کاربری‌های موجود و حفاظت از تغییر کاربری‌های ناسازگار، کنترل و کاهش آلاینده‌های محیطی و شیمیایی، افزایش بهره‌وری و افزایش تولید در واحد سطح و افزایش بهره‌برداری از منابع مالی و اعتباری،

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

کاهش استرس‌های محیطی و کاهش بیماری‌های آبزیان و غیره.

ورود فلزات سنگین به منابع آب از طریق مختلف و افزایش غلظت زیاد آن‌ها، باعث ایجاد مخاطراتی از قبیل مسمویت و سرطان‌زایی در بدن موجودات زنده می‌شود. دخالت‌های انسان در افزایش این فلزات در محیط به صورت‌های مختلف از جمله فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، اکتشافات و استخراج معادن، مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد (٤).

میزان فلزات سنگین به دلیل اثرات متعدد از جمله کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییر ژنتیک، سمیت فلزات سنگین، تجمع در زنجیره‌غذایی در اکوسیستم‌های آبی و بافت‌های مختلف آبزیان و اهمیت مسائل بهداشتی برای انسان‌ها، بررسی می‌شود. به‌طوری که امروزه فلزات‌سنگین جزء مهمترین آلاینده‌های منابع آبی کره زمین به‌شمار می‌آیند و حضور آلاینده‌های فلزات سنگین در موجودات زنده آبزی گزارش شده است. سن، وزن و جنسیت، عادات تغذیه‌ای، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات و خواص فیزیکی و شیمیایی آب، از عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی می‌باشد. تاثیر تجمع فلزات سنگین بر زنجیره‌های غذایی ارگانیسم‌های آبزیان، با به همراه داشتن آسیب‌های اکولوژیکی، رفتاری، فیزیولوژیکی، متابولیکی ماهیان و در معرض خطر انداختن سلامت انسان‌ها، در سال‌های اخیر بیشترین توجه را به دنبال داشته است. از این‌رو، از ماهی‌ها به‌عنوان یک شاخص زیستی تاثیر آلودگی فلزات در اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود، چرا که در بالای زنجیره غذایی بوده و به‌عنوان یک منبع غذایی منعکس کننده تاثیرات بهداشتی برای انسان می‌باشد. همچنین از گونه‌های ماهی نیز برای ارزیابی بهداشت اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود. بنابراین، تعیین میزان باقیمانده‌های فلزات سنگین و سایر آلاینده‌های محیطی در مواد غذایی مختلف و به‌دست آوردن اطلاعات کافی از وضعیت آلودگی، در جهت بکارگیری روش‌های پیشگیرانه و ارائه استانداردها و قوانین مناسب ضروری می‌باشد (٥).

هدف اصلی این تحقیق، شناسایی پهنه‌های مناسب آبزی‌پروری در حوزه آبریز خلیج گرگان، با رعایت تمامی پارامترهای توان اکولوژیک، توان اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی و ریسک‌های بهداشتی فلزات سنگین بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

۱-۲- معرفی منطقه مطالعاتی

- حوضه آبریز خلیج گرگان

حوضه آبریز خلیج گرگان، به‌صورت نواری به طول ۷۰ کیلومتر با راستای شرقی- غربی در غرب استان گسترش دارد. مرز حوضه در جنوب و غرب، حوضه نکارود بوده و از شرق به حوضه قره‌سو و از شمال به خلیج گرگان محدود می‌شود. شبکه رودخانه‌ای موجود در حوضه، از تعداد زیادی رودخانه کوچک و موازی با هم تشکیل شده که از ارتفاعات جنوبی (دامنه شمالی البرز) سرچشمه می‌گیرند و هر یک جداگانه، بعد از عبور از دشت، وارد خلیج گرگان می‌شوند. حوضه رودخانه‌های مذکور، کوهستانی و دارای پوشش گیاهی انبوه و با شیب تند می‌باشد. بخش عمده مساحت این حوضه در استان مازندران (بهشهر-گلوگاه) واقع بوده و مناطق شرقی آن در استان گلستان واقع می‌باشد. مساحت این حوضه در استان گلستان ۳۰۰ کیلومتر مربع بوده و تعداد

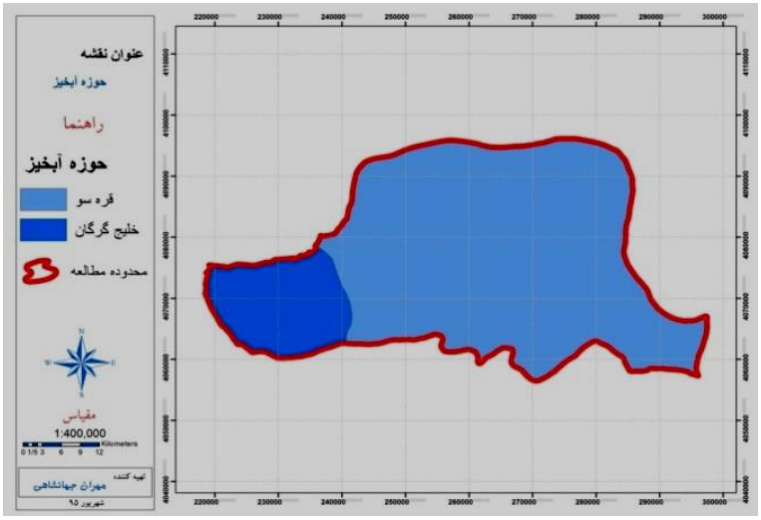
[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

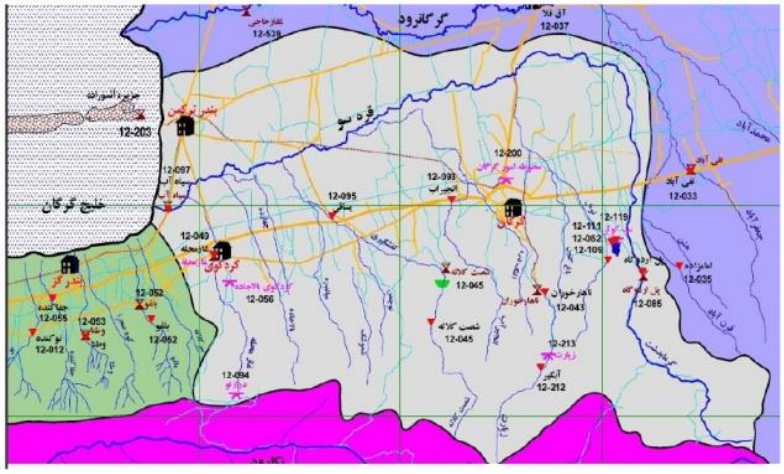
رودخانه‌های این حوضه در استان گلستان، شامل ۹ رودخانه اصلی بوده و از غرب به شرق به‌ترتیب به اسامی لیوان غربی، لیوان شرقی، نوکنده، جفاکنده، استون آباد، گز، سر محله، باغو و کار کنده (سرکلاته) می‌باشند (۳).

- حوضه آبریز قره‌سو

حوضه رودخانه قره‌سو نیز تقریبا در غرب و جنوب غربی استان واقع شده و از شمال و شرق به حوضه گرگان‌رود و از غرب به حوضه خلیج و خلیج گرگان و از جنوب به حوضه نکا رود محدود می‌شود. بخش کوهستانی این حوضه کاملا جنگلی و با شیب تند می‌باشد. ارتفاعات حوضه قره‌سو از ۳۲۰۰ متر به نام پیرگردکوه واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب شرق گرگان تا ۲۶- متر از سطح دریا متغیر است. مساحت حوضه ۱۶۳۸ کیلومترمربع می‌باشد که مساحت ارتفاعات ۸۷۸ کیلومترمربع و مساحت دشت ۷۶۰ کیلومترمربع می‌باشد (٤).



شکل۱- نقشه جانمایی حوضه‌های آب‌ریز موجود در محدوده مورد مطالعه



شکل۲- نقشه جانمایی حوضه‌های آب‌ریز و رودخانه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

۲-۲-روش‌شناسی

روش مورد استفاده در این تحقیق با تکیه بر سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و لایه‌های موثر قابل بهنگام‌سازی است و از این‌رو، با تغییر عوامل طبیعی و انسانی موثر بر انتخاب مناطق حساس، می‌توان ارزیابی و انتخاب را دوباره انجام داد و نتایج جدید را ملاحظه نمود. تمام مراحل این فرآیند با به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام خواهد شد.

- **گام نخست:** در این مرحله بر پایه مدل آمایش سرزمین در ایران، از توان اکولوژیک سرزمین برای آبزی‌پروری در منطقه مورد مطالعه که در مطالعات پیشین ارزیابی شده، استفاده می‌شود. داده‌ها بازنگری می‌شوند و در صورت لزوم روزآمدسازی داده‌ها انجام می‌شود.

- **گام دوم:** پارامترهای زیرساختی، اقتصادی و اجتماعی لازم برای توسعه استخرهای پرورش ماهی (سایت‌های آبزی‌پروری) در منطقه مورد مطالعه بررسی و داده‌های لازم به نقشه منتقل می‌شوند. این پارامترها عبارتند از: اولویت‌بندی برنامه‌های کلان توسعه‌ای در سطح استان، مالکیت زمین، تراکم جمعیتی، فاصله از بازار مصرف، جاده‌های دسترسی، خطوط انتقال نیرو، سکونتگاه‌های انسانی، کاربری زمین، نرخ بیکاری، و ....

- **گام سوم:** در این مرحله از داده‌های اطلس آلودگی خاک استان و سایر طرح‌های مشابه در منطقه مورد مطالعه که در مطلعات پیشین ارزیابی شده، استفاده می‌شود. داده‌های مربوط به فلزات سنگین، بازنگری می‌شوند و در صورت لزوم روزآمدسازی داده‌ها انجام می‌شود.

- **گام چهارم:** کلیه داده‌های مربوطه به شکل نقشه رویهم‌گذاری خواهد شد و بر اساس مدل‌های ورودی به GIS، بهترین نقاط برای ایجاد و توسعه آبزی‌پروری در منطقه مورد مطالعه مشخص و به شکل پهنه‌های خاص شناسایی می‌شود. این پهنه‌ها بر اساس میزان حضور فلزات سنگین در محیط می‌تواند طبقه‌بندی شود و میزان ریسک مناطق مستعد آبزی‌پروری را مشخص سازد.

به منظور تعیین اطلس آلودگی در منطقه مطالعاتی، ابتدا پتانسیل‌های آلودگی استان گلستان از لحاظ طبیعی، کشاورزی و صنعتی-معدنی-جاده‌ای شناسایی بررسی شده و بر اساس آن‌ها طرح نمونه‌برداری تنظیم شد. در طبقه‌بندی پهنه‌های با پتانسیل آلودگی طبیعی، واحدهای سنگی و رسوبی که پتانسیل آلودگی بیشتری دارند، مانند: سنگ‌های آذرین مافیک، دگرگونی درجه متوسط به بالا، شیل سیاه، سنگ‌های رسوبی حاوی زغال و مانند آن‌ها در اولویت قرار گرفتند.

در ارزیابی مناطق مستعد آلودگی کشاورزی، به زمین‌های با کشت آبی که مصرف کود و سم در آن‌ها بالاتر است، اهمیت بیشتری داده شده است. در بخش صنعتی، واحدهای صنعتی، معادن، حاشیه جاده اصلی و محل‌های دفن زباله مورد توجه قرار گرفتند. نمونه‌های صنعتی از اطراف واحدهای صنعتی و اطراف و داخل شهرک‌های صنعتی برداشت شده است. نمونه‌های جاده‌ای از حاشیه جاده اصلی گلستان در فواصل ۱۰ کیلومتری برداشت شده است. آلوده کننده‌ترین معادن استان، معادن زغال‌سنگ می‌باشد، در حالی‌که دیگر معادن پتانسیل آلودگی خاصی ندارند.

در عملیات نمونه‌برداری، محدوده استان به شبکه‌های ۱۰×۱۰ کیلومتری تقسیم و با توجه به نقشه‌های اولیه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

آلودگی، پتانسیل آلودگی احتمالی در هر شبکه تعیین شد. سپس مناطق مورد نظر نمونه‌برداری، بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه به‌صورت یک پهنه که که در آن تعداد و نوع نمونه‌های مورد نیاز به‌صورت یک پلی‌گون مشخص شده، پیاده شد. در مجموع ۳۹۷ نمونه سطحی (از عمق۳۰cm) و ٦٥ نمونه عمقی (عمق ۱ متری) برداشت شد. همراه با نمونه‌برداری فرم اطلاعات صحرایی که شامل مجموعه اطلاعات خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی محدوده اطراف نقطه نمونه‌برداری می‌باشد، پر شده است. با ارزیابی نتایج آزمایش‌ها شاخص ۲۳۰ نمونه خاک شامل ٤٠ نمونه طبیعی، ۷۰ نمونه صنعتی-معدنی-جاده‌ای و ۱۲۰ نمونه کشاورزی جهت آنالیز عناصر آلاینده انتخاب شده است.

تجزیه شیمیایی نمونه‌های منتخب به روش ICP در آزمایشگاه LabWest استرالیا انجام و برای ٤٤ عنصر اصلی و فلزی کمیاب آنالیز صورت گرفته است. از لحاظ گروه‌ها و عوامل کلی تعیین کننده غلظت خاک استان، عناصری مانند Al، As، Cr، Cu، Fe، Mg، Mn، Mo، Ni، Sr و Zn محدوده تغییرات مشابهی در میان نمونه‌های کشاورزی، طبیعی و صنعتی- معدنی- جاده‌ای دارند.

نتایج غلظت عناصر آلاینده به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه و ارائه شده است. جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی با توجه به تعداد محدود نمونه‌ها در مقایسه با وسعت استان از نقشه‌های کاربری اراضی، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی کمک گرفته شده است. بدین منظور ابتدا براساس همبستگی بین غلظت عناصر آلاینده و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک، اطلاعات ۲۳۰ نمونه‌ای که غلظت عناصر آلاینده در آن‌ها تعیین شده به ۳۹۷ نمونه تعمیم داده شد. سپس محدوده استان به شبکه‌های ۵*۵ کیلومتر تقسیم شد و براساس نقشه‌های کاربری اراضی، بافت خاک و سنگ‌شناسی غلظت نمونه‌ها در شبکه‌هایی که برای آن‌ها غلظت عناصر اندازه‌گیری شده به شبکه‌های با خصوصیات مشابه تعمیم داده شده و نهایتا با روش میان‌یابی و در محیط GIS نقشه‌های پهنه‌بندی برای ۱۸ عنصر مورد نظر تهیه شدند.

اطلاعات پارامترهای خاک به شکل نقطه‌ای با فرمت shp بوده و برای برای تهیه لایه پیوسته از پارامترها در کل استان از درون‌یابی IDW در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. سپس، این لایه‌ها وارد نرم‌افزار ایدریسی شدند. نقشه‌های نهایی تهیه شدند. در مورد هیدروکربن‌ها به‌دلیل تعداد کم نقاط، از درون‌یابی استفاده نشد. ابتدا، از نقاط موجود یک بافر ۱۰۰ متری تهیه شد و سپس، جمع مقادیر هیدروکربن‌ها در هر نقطه به بافر نقطه مورد نظر اختصاص یافت.

به‌منظور دخالت اثرات آلودگی‌های خاک در روند ارزیابی توان سرزمین، یک لایه نهایی از آلودگی‌های خاک از ترکیب لایه‌های فلزات سنگین و هیدروکربن‌ها برای کل استان تهیه شد. ابتدا، لایه‌های غلظت فلزات سنگین بر اساس غلظت استاندارد آن‌ها در مقیاس ۰ تا ۲۵۵ قرار داده شدند. میزان استانداردهای مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. سپس، تمام لایه‌ها با وزن برابر با یکدیگر ادغام شدند. در نهایت، لایه فلزات سنگین با وزن ۰/۷ و لایه هیدروکربن‌ها با وزن ۰/۳ با یکدیگر ترکیب شدند.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

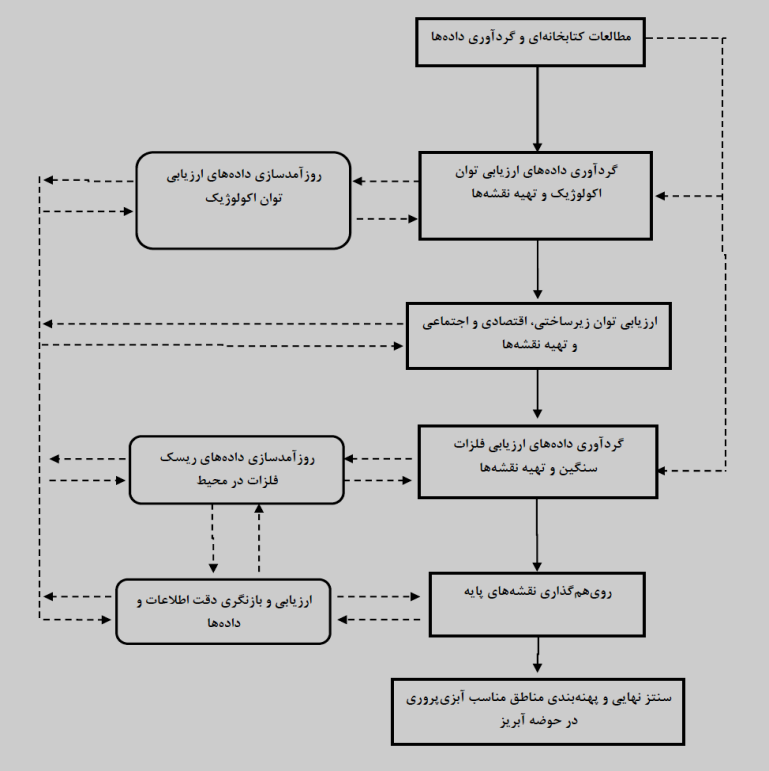
[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

جدول ۱- استاندارد مورد استفاده در این گزارش (سازمان محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۹: وزارت محیط زیست هلند، ۲۰۰۳؛ و وزارت محیط زیست کانادا، ۱۹۹۹)- ppm (۵).

عناصرعناصر	استاندارد هلند	استاندارد کانادا	حد غربال ناحیه‌ای (USEPA)
Al	-	-	۷۷۰۰۰
As	۲۹	۵	۰/۳۹
Cd	۰/۸	۰/۵	۷۰
Co	۹	۱۰	۲۳
Cr	۱۰۰	۲۰	۲۸۰
Cu	۳٦	۳۰	۳۱۰۰
Fe	-	-	۵۵۰۰۰
Mg	-	-	-
Mn	-	-	۱۸۰۰
Mo	۳	۲	۳۹۰
Ni	۳۵	۲۰	۱٤۰۰۰
P	-	-	-
Pb	۸۵	۲۵	٤۰۰
S	-	۲۵۰	-
Se	۰/۷	۱	۳۹۰
Sr	-	-	٤۷۰۰۰
V	٤۲	۲۵	۵۵۰
Zn	۱٤۰	٦۰	۲۳۰۰۰

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

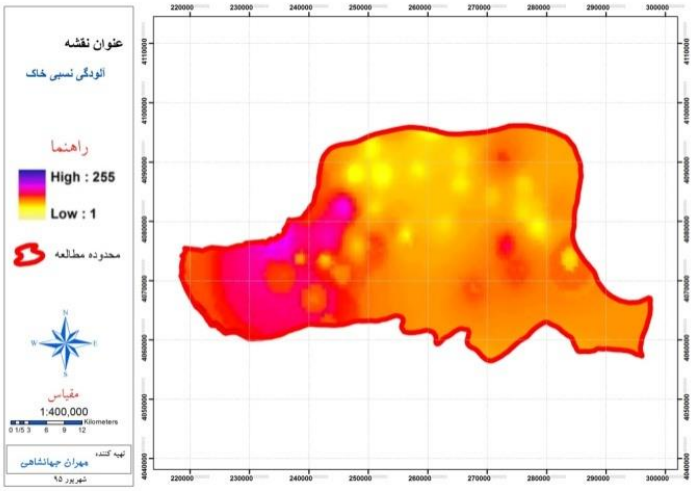
[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]



شکل ۳- فلوچارت تحقیق

۳. نتایج و یافته‌ها

نقشه‌های نهایی پراکنش آلاینده‌های فلزی و هیدروکربن‌ها در منطقه مطالعاتی در انتهای مقاله آمده‌اند (پیوست شماره ۲). نقشه‌های تولید شده بر اساس اطلاعات میدانی در سیستم GIS مورد تحلیل قرار گرفته است. براساس مطالعات انجام شده و رویهم‌گذاری لایه‌ها، نقشه آلودگی نسبی خاک منطقه مطالعاتی ترسیم شد (شکل ۲۳).



شکل ۴- نقشه آلودگی نسبی خاک در سطح محدوده مورد مطالعه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

در ادامه، به منظور مکان‌یابی بهینه سایت‌های پرورش ماهی، نیاز به در نظر گرفتن پتانسیل‌ها و فرصت‌های موجود بود. بنابراین موقعیت مکانی نقاط و پهنه‌های آبی در منطقه مطالعاتی جانمایی و به روی نقشه ثبت شد.

به‌منظور برآورد و سنجش کیفیت منابع آب سطحی منطقه مطالعاتی، با استفاده از داده‌های موجود و با توجه به فیلد موقعیت جغرافیایی و مقادیر x و y یک لایه نقطه‌ای با فرمت shp تهیه شد. برای تهیه لایه پیوسته، کیفیت آب‌های سطحی از درون‌یابی IDW در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. سپس این لایه وارد نرم‌افزار ایدریسی شد. نقشه نهایی کیفیت آب‌های سطحی در شکل ۵ نشان داده شده است. در این نقشه با افزایش ارزش‌ها کیفیت آب کاهش می‌یابد.

برای سنجش کیفیت منابع آب زیرزمینی در ارزیابی کیفیت آب برای کشاورزی و آبیاری سه معیار اساسی مورد نظر قرار گرفت که عبارتند از:

– میزان املاح محلول در آب (شوری).

– نفوذ آب در خاک.

– مسمومیت یونی.

با استفاده از این داده‌ها و با توجه به فیلد موقعیت جغرافیایی و مقادیر x و y یک لایه نقطه‌ای با فرمت shp تهیه شد. برای تهیه لایه پیوسته کیفیت آب‌های زیرزمینی از درون‌یابی IDW در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. سپس این لایه وارد نرم‌افزار ایدریسی شد و نقشه نهایی کیفیت آب‌های زیرزمینی تولید شده است. در این نقشه با افزایش ارزش‌ها، کیفیت آب کاهش می‌یابد.

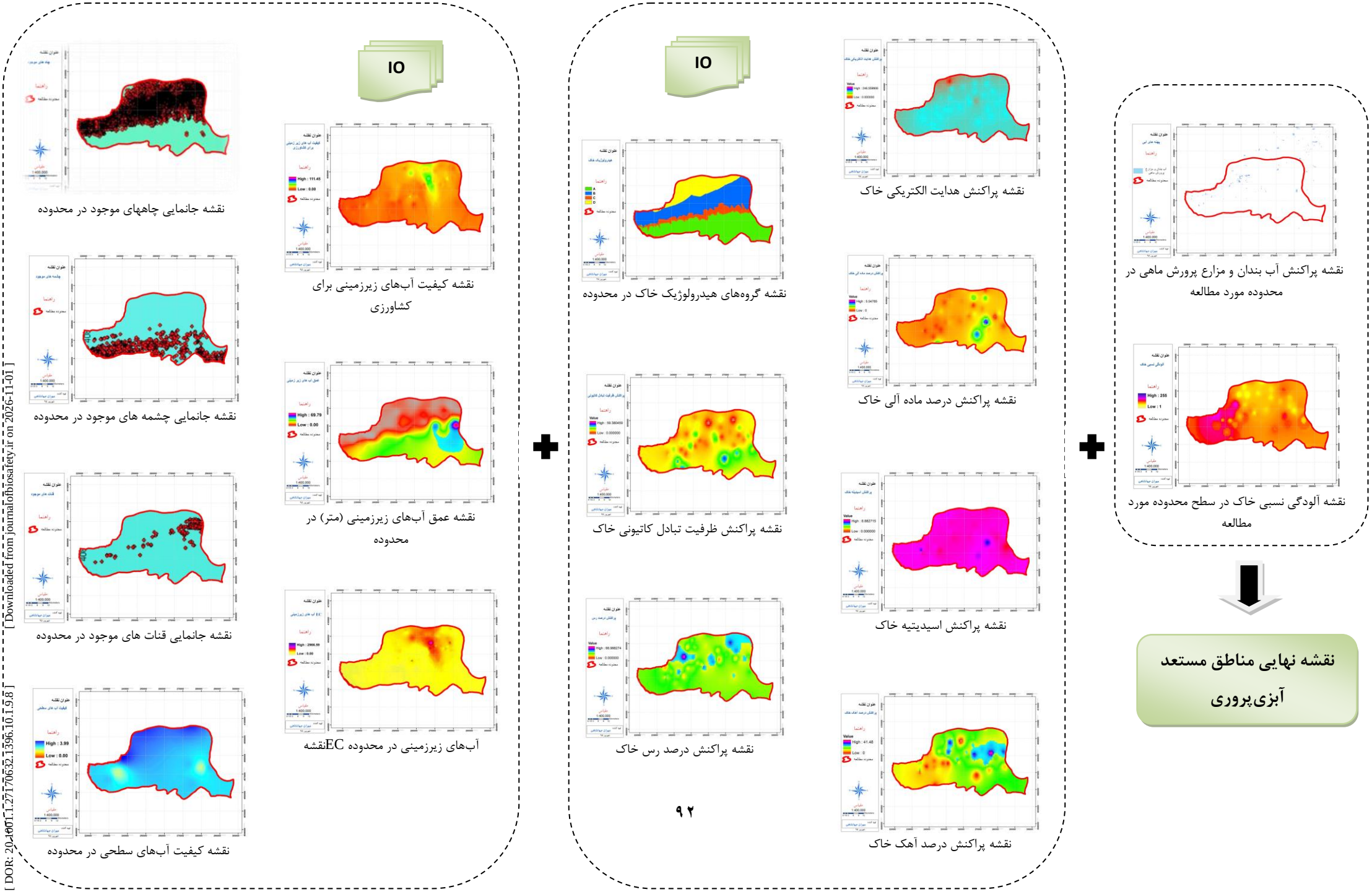
لایه هم‌عمق آب زیرزمینی، به صورت خطی shp موجود است. برای تهیه لایه پیوسته عمق آب‌های زیرزمینی، از دستور Topotoraster در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. سپس این لایه وارد نرم‌افزار ایدریسی شد و نقشه نهایی عمق آب‌های زیرزمینی تولید شده است.

برای تهیه لایه EC آب‌های زیرزمینی از داده‌های شرکت آب و فاضلاب روستایی استفاده شد. اطلاعات مربوط به ۸۲۲ نقطه نمونه‌برداری در استان در سال‌های ۸۲ تا ۹۰ بوده است. داده‌ها به صورت نقطه‌ای با فرمت shp موجود است. برای تهیه لایه پیوسته EC آب‌های زیرزمینی از درون‌یابی IDW در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. سپس این لایه وارد نرم‌افزار ایدریسی شد و نقشه نهایی EC آب‌های زیرزمینی تولید شده است.

لایه گروهای هیدرولوژیک خاک منطقه به کمک اطلاعات دانشگاه شاهرود و نیز اطلاعات جدید تهیه شده توسط استادان خاک‌شناسی همکار طرح آمایش تهیه و نهایی شد. لایه تهیه شده به صورت وکتور و با فرمت shp وارد نرم‌افزار ایدریسی شد. لایه رستری گروهای هیدرولوژیک خاک، با اندازه سلول۳۰ متر توسط دستورهای Project، Rastervector و Overlay تهیه شد و به اندازه محدوده مورد مطالعه برش داده شد.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]



شکل ۵- فرآیند رویهم‌گذاری لایه‌ها (IO) و ترسیم نقشه نهایی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

نتیجه‌گیری

امروزه تولید غذای سالم و عاری از آلودگی‌هایی مانند، فلزات سنگین و سموم در اراضی کشور با توجه به استفاده بی‌رویه از کوهای شیمیایی، سموم شیمیایی و داروهای نوترکیبی که ماندگاری طولانی در طبیعت دارند، دشوار و تقریبا ناممکن شده است. از طرفی تولید و صادرات این محصولات نیز نیاز به اخذ گواهینامه‌هایی از معاونت‌های غذا و داروی دانشگاه‌های علوم پزشکی دارد که بعد از تست های مکرر از تولیدات فوق، در صورت رعایت محدوده استاندارد فاکتورهای مورد نظر، صادر می‌شود.

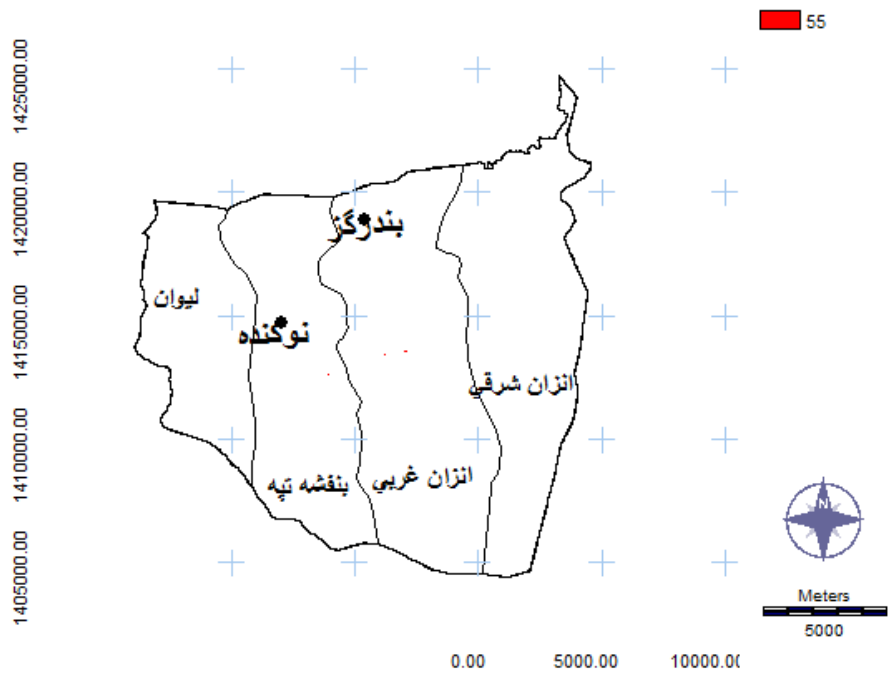
در این مطالعه سعی شده تا با اتخاذ روشی متداول در دنیای مدرن، راهی مناسب برای شناسایی و پهنه‌بندی مناطق مستعد آبزی‌پروری در حوزه خلیج گرگان بیابیم که در صورت رسیدن به اهداف پیش‌بینی شده، در سرتاسر استان قابلیت تعمیم داشته و تولیدات آبزیان بر پایه صادرات محور در برنامه‌های توسعه‌ای گنجانیده شود.

جهت نیل به خواسته‌ی طرح‌ریزی شده، با بهره‌مندی و بررسی و اجرای پروژه‌های پژوهشی ارزیابی توان اکولوژیک و توان‌سنجی محیط، اطلاعاتی در قالب نقشه‌های پایه بدست آمده که می‌تواند برای یک برنامه‌ریزی منسجم راه را هموار و فراهم نماید. از سویی نمونه‌برداری‌های گسترده از بیش از ده‌ها نقطه و پیکسل در سرتاسر منطقه مورد مطالعه و آنالیز آلودگی‌های خاک منطقه مورد مطالعه و شناسایی و پهنه‌بندی آلودگی‌های محیطی با منشاء طبیعی و انسانی، الگویی فراهم می‌نماید که در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با روش میان‌یابی نقشه‌ها و حذف مناطق آلوده، می‌توان به پهنه‌ها و بسترهای مناسب با کمترین ریسک فلزات سنگین برسیم .

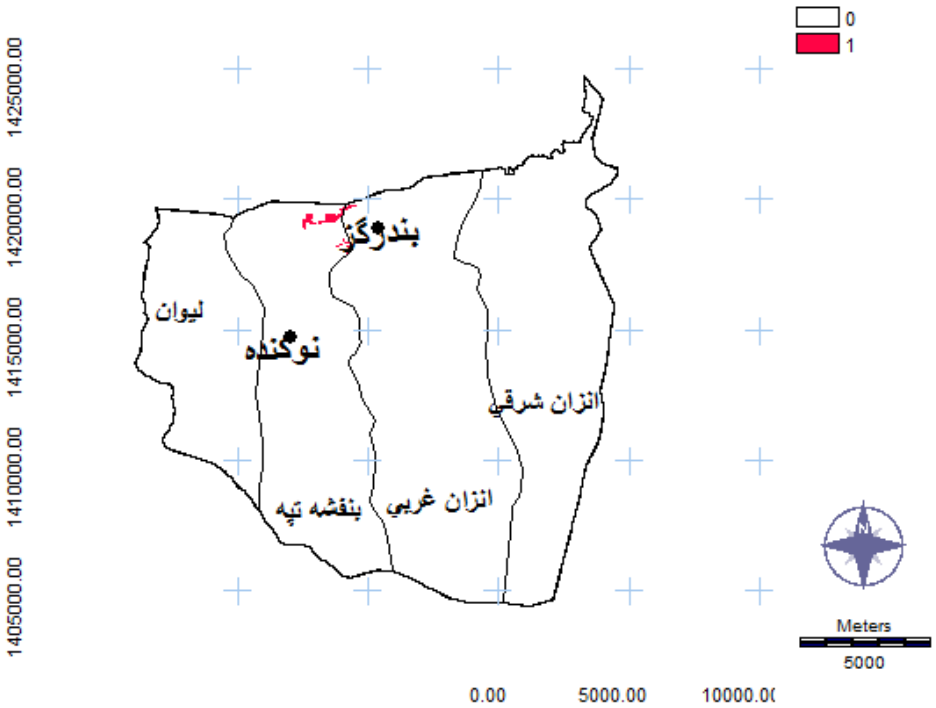
اطلاعات محیطی و نیازهای آبزی‌پروری، گام دیگری است که در راستای تهیه و تولید نقشه‌های نهایی مناطق مستعد آبزی‌پروری در حوزه خلیج گرگان مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت، نقشه نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد آبزی‌پروری، پراکندگی آبزی‌پروری سرد آبی وگرمابی به تفکیک حوزه آبریز و شهرستان، درمحدوده مورد مطالعه به قرار زیر تولید شده است:

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]



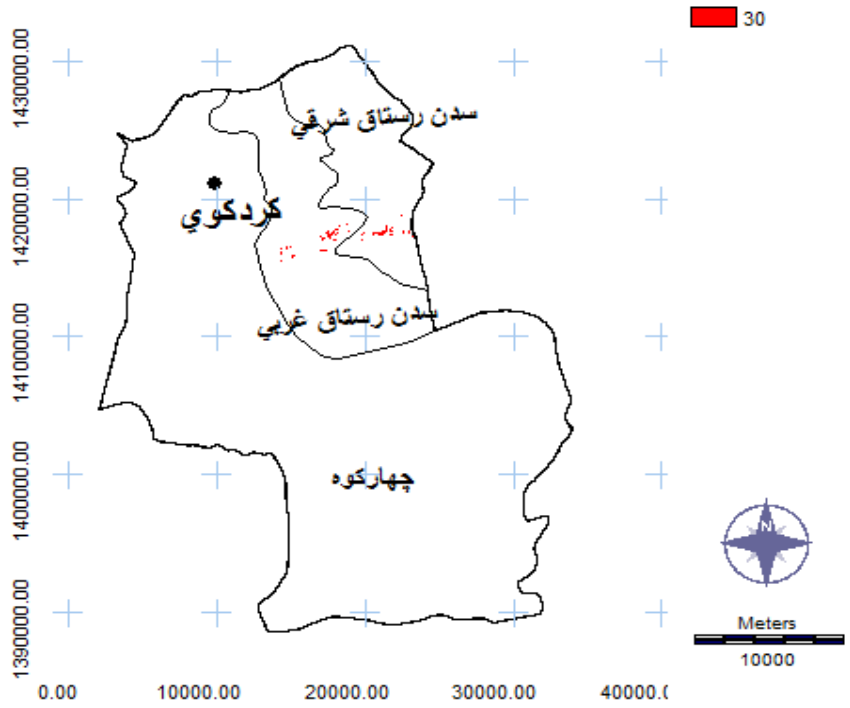
شکل۲۵- نقشه نهایی پراکنش مزارع پرورش ماهی سردآبی در محدوده شهرستان بندرگز



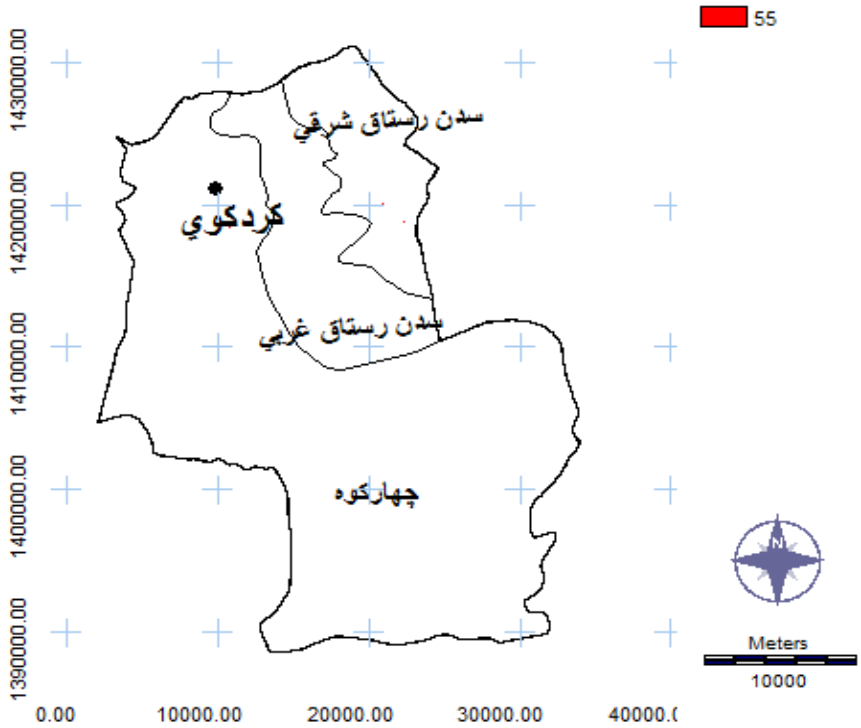
شکل۲۶- نقشه نهایی پراکنش مزارع پرورش ماهی گرمابی در محدوده شهرستان بندرگز

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]



شکل۲۷- نقشه نهایی پراکنش مزارع پرورش ماهی سردآبی در محدوده شهرستان کردکوی



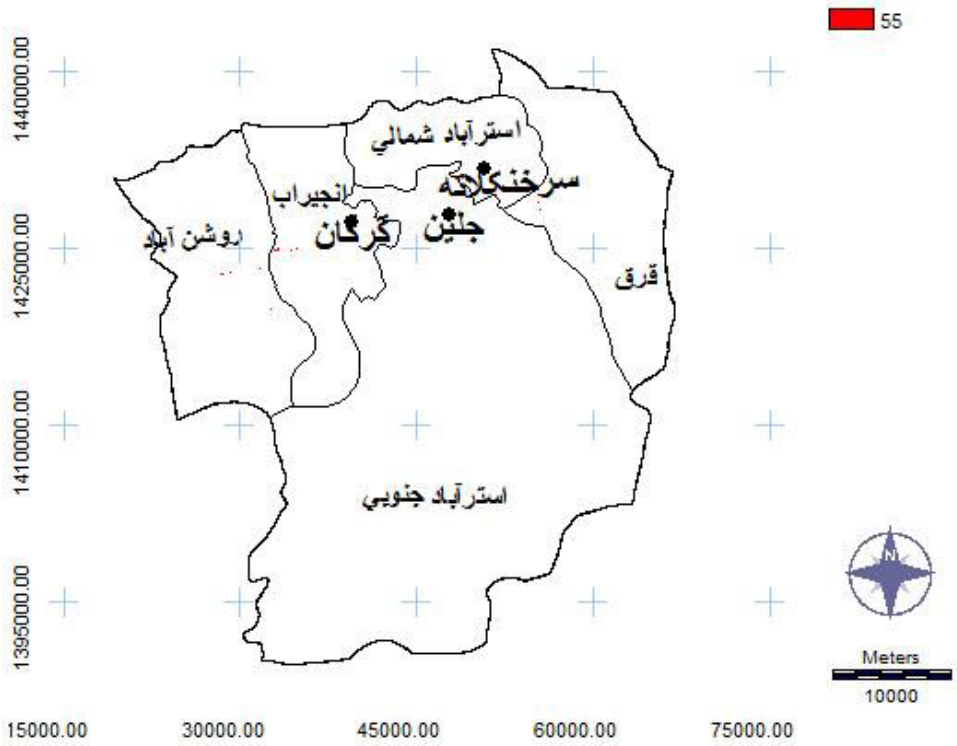
شکل۲۸- نقشه نهایی پراکنش مزارع پرورش ماهی گرمابی در محدوده شهرستان کردکوی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]



شکل۲۹- نقشه نهایی پراکنش مزارع پرورش ماهی سردآبی در محدوده شهرستان گرگان



شکل۳۰- نقشه نهایی پراکنش مزارع پرورش ماهی گرمابی در محدوده شهرستان گرگان

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

فهرست منابع References

۱- مخدوم؛ مجید. ۱۳۸۹؛ شالوده آمایش سرزمین؛ چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران

۲- مخدوم؛ مجید و همکاران ۱۳۸۰. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه تهران

۳- مطالعه یکپارچه ارزیابی توان اکولوژیک کشور، (استان گلستان)، ۱۳۸۹، دانشگاه تهران- معاون پژوهشی وفناوری

٤- پهنه‌بندی و تعیین درجه حساسیت اکولوژیکی نواحی ساحلی جنوب دریای خزر- فاز اول،۱۳۹۱، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان- معاونت پژوهشی وفناوری

۵- مطالعه و تهیه اطلس آلودگی خاک استان گلستان، ۱۳۸۸، دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود – دانشکده فنی

6- Giap, D. H., Yi, Y., Cuong, N. X., Luu, T. L., Diana, J. S., Lin, C. K. (2003). Application of GIS and Remote Sensing for Assessing Watershed Ponds for Aquaculture Development in Thai Nguyen, Vietnam. Map Asia Conference.

7- Pérez, O. M., Telfer, T. C., Ross, L. G. (2003). Use of GIS-Based Models for Integrating and Developing Marine Fish Cages within the Tourism Industry in Tenerife (Canary Islands). *Coastal Management*, 31:355–366.

8- Buitrago, J., Rada, M., Hernandez, H., Buitrago, E. (2005). A Single-Use Site Selection Technique, Using GIS, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island,Venezuela. *Environmental Management*, 35, (5), 544–556

9- FAO. (2010). Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture. FAO, Rome

10- Tiller, R., Brekken, T., Bailey, J. (2012). Norwegian aquaculture expansion and Integrated Coastal Zone Management (ICZM): Simmering conflicts and competing claims. Marine Policy, 36 (2012) 1086–1095.

11- Shahadat Hossain, M. and Das, N. G. (2010). Geospatial modeling for aquaculture sustainability in Noakhali, Bangladesh. World Aquaculture, 41 (4): 25-29.

12- Hutchings, K., Porter, S., Clark, B.M., Sink, K. (2011). Identification of potential marine aquaculture development zones for fin fish cage culture. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries: South Africa.

13- Silva, C., Ferreira, J.G., Bricker, S.B., DelValls, T.A., Martín-Díaz, M.L., Yáñez, E. (2011). Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments. Aquaculture, 318 (3–4): 444–457.

14- Shahadat Hossain, M., Chowdhury, S. R., Das, N. G., Sharifuzzaman, S.M., Sultana, A. (2008). Integration of GIS and multicriteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh, *Landscape and Urban Planning*, 90 (3–4): 119–133.

15- Perez, O.M., Ross, L.G., Telfer, T.C., Del Campo Barquin, L.M. (2003). Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS. *Aquaculture*, 224: 51–68.

16- Department of the Environment and Water Resources. (2007). Guidelines for the ecologically sustainable management of fisheries. Australian Government.

17- Industry and Investment. (2009). Guidelines for Environmental Assessment of Fishing Related Activities. NSW.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]

18- Longdill, P. C., Healy, T. R., Black, K. P. (2008). An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management*, 51: 612–624

19- IUCN. (2009). Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture 2. Aquaculture site selection and site management, IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain. VIII + 303 pages.

20- Zeng, C., Liu, Y., Liu, Y., Hu, J., Bai, X., Yang, X. (2011). An Integrated Approach for Assessing Aquatic Ecological Carrying Capacity: A Case Study of Wujin District in the Tai Lake Basin, China. Int. J. Environ. Res. Public Health, 8, 264-280.

Determination and zoning of suitable areas for aquaculture with the emphasis on risk of heavy metals in Gorgan Bay basin

Mehran Jahanshahi[1*], Reza Akrami[2], Zeyd Ahmadi[3], Mazdak Darbeiki[4], Yousef Bahlakheh[5]

[1] Expert of the Environmental Protection Agency of Golestan, Iran
[2]Assistant Professor Azad Shahr Azad University, Iran
[3]Assistant Professor Azad Shahr Azad University, Iran
[4]Assistant Professor of Islamic Azad University, Ghaemshahr, Iran
[5]Expert of Environmental Protection Office of Golestan, Iran

mtajahanshahie@yahoo.com

Abstract

Identify potential environmental Given the existing infrastructure and create, maintain existing use and protection of the land uses are incompatible, control and reduction of environmental pollutants and chemicals, increased productivity and increased production per unit area and increased utilization of financial resources and credibility, reduce stress reducing the environmental and other aquatic diseases and reduce the risks of the main results Mybashd.chra that the -Sngyn metals due to several effects, including growth retardation, behavior, genetic changes, Flzat-Sngyn toxic, accumulate in Znjyrh-Ghzayy in Akvsystm-Hay water and tissues of fish and the importance of issues My-Grdd.hdf assess the health of human beings of this study, the appropriate zones aquaculture in the catchment area of Gorgan Gulf, with respect to all the parameters of ecological power, economic power, social infrastructure and health risks of heavy metals. The effort to adopt a standard way in the modern world, a good way to identify and zoning areas suitable for aquaculture in the Gulf of Gorgan find that if you reach the specified targets across the province interoperability and aquaculture production and provide a coherent plan paved the way.

Keywords: Aquaculture, heavy metals, Gorgan Bay basin

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1396.10.1.9.8]