مجله مهندسی بهداشت محیط، بهار۱۴۰۲، سال ۱۰، شماره ۳ : ۳۲۵-۳۳۹

ارزیابی توان بوم‌شناختی تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی با هدف تقلیل پیامدهای محیط‌زیستی: مورد مطالعه، استان همدان

مهرداد چراغی[1*]، سهیل سبحان اردکانی [1]، بهاره لرستانی [2] ، فاطمه جعفری نوبخت [3]، لیما طیبی[4]

[1*] استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
[2] دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
[3] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
[4] استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵ ، تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۶/۰۵

چکیده

زمینه و هدف: : رشـــد فزاینده جمعیت و نیاز روزافزون بشـــر به مواد غذایی و از طرفی، محدود بودن ذخایر طبیعی آب زیان، لزوم توجه به آبزی پروری پایدار را نمایان می سازد. بنابراین، با مکان یابی مناطق مستعد برای احداث کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی و ارزیابی توان بوم‌شناختی آن عرصه‌ها می توان از تداخل کاربری های مختلف، به حداقل رساندن اثرات محیط‌زیستی آبزی پروری و جلوگیری از بروز اختلال در امر توسعه جلوگیری کرد. لذا، این پژوهش با هدف ارزیابی توان بوم‌شناختی استان همدان برای استقرار کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان (Onchorynchus mykiss) انجام شد.

مواد و روش ها: مکان یابی و ارزیابی توان بوم‌شـــناختی منطقه با تاکید بر نیازهای زیســـتی ماهیان ســـردآبی و عوامل اقتصـــادی-اجتماعی در راســتای دســتیابی به آبزی پروری پایدار و با اســتفاده از نقشــه های ۱:۵۰۰۰۰ چشــمه‌ها، دبی آب، دمای آب، pH آب، شیب، مناطق حفاظت شده و آثار با ستانی بر ا ساس مدل آبزی پروری مخدوم با ا ستفاده از ویرایش ۹/۳ نرم افزار ArcGIS انجام یافت.

یافته ها: نتایج نشان داد که به‌طور تقریب ۱۴۲۰ هکتار از عرصه‌های شهرستان نهاوند، ۵۷۱ هکتار از عرصه‌های شهرستان رزن، ۴۷۲ هکتار از عرصه‌های شهرستان بهار، ۳۱۱ هکتار از عرصه‌های شهرستان همدان، ۲۶۳ هکتار از عرصه‌های شهرستان ملایر، ۱۴۵ هکتار از عرصه‌های شهرستان تویسرکان، ۱۲۱ هکتار از عرصه‌های شهرستان اسدآباد و ۸۴ هکتار از عرصه‌های شهرستان کبودرآهنگ از توان بوم‌شناختی برای تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان برخوردار بودند.

نتیجه گیری: با مکان‌یابی و ارزیابی توان بوم‌شـناختی عرصـه‌های مسـتعد برای اسـتقرار کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سـردآبی می‌توان ضمن رفع نیازهای فزاینده غذایی جامعه، با لحاظ کردن توان سرزمین، ضمن نیل به تو سعه پایدار و درخور در به حداقل رساندن آثار سوء محیط‌زیستی صنعت آبزی‌پروری گام برداشت.

واژه های کلیدی: تنش محیطی، ارزیابی توان بوم‌شناختی، مکان‌یابی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، آب‌زی‌پروری

* استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
نویسنده مسئول: **cheraghi@iauh.ac.ir** -شماره تماس: ۰۸۱۳۴۴۸۱۱۸۳

مقدمه

تنوع آب و هوایی و شرایط ویژه بوم‌شناختی در گستره جغرافیایی ایران به‌نحوی است که اختلاف دما در یک زمان به ۴۵ درجه سلسیوس می‌رسد. بنابراین، ایران در زمره یکی از مستعدترین کشورهای جهان از نظر توسعه کاربری کشاورزی به‌شمار می‌رود. از سوی دیگر اگرچه به‌واسطه بارش حدود ۲۴۰ میلی‌متر در سال، آن‌هم با پراکنش زمانی نامناسب، ایران با دارابودن ۳۰ درصد متوسط بارندگی جهان در محدوده مناطق خشک و نیم‌خشک قرار می‌گیرد، اما به پشتوانه غنای شرایط طبیعی، سخت‌کوشی کشاورزان و تکیه بر ظرفیت‌های بالقوه، به‌راحتی می‌توان بسیار بیش‌تر از آمارهای فعلی به تولید و عرضه محصولات کشاورزی اعم از زراعی، باغی، دامی، شیلاتی و فرآورده‌های صنعتی حاصل از آن دست یافت[1]. امروزه، با توجه به روند رشد جمعیت انسان و به‌ویژه افزایش قیمت سایر فرآورده‌های دامی و پروتئینی، پرورش آب‌زیان به لحاظ خواص و کیفیت مطلوب و منحصر به‌فرد این فرآورده‌ها برای بهبود شرایط تغذیه‌ای اهمیت خود را تا بیش از پیش نمایان ساخته است. از این‌رو، تأمین غذای شهروندان، ایجاد اشتغال و کسب درآمدهای ارزی از جمله مهم‌ترین اهداف توسعه صنعت آبزی‌پروری است[2]. در این خصوص، می‌توان به قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorynchus mykiss*) به‌عنوان تنها گونه آب‌زی پرورشی سرد آبی ایران اشاره کرد که به‌دلیل برخورداری از سازگاری مناسب با بوم‌سازگان‌های آبی کشور، برخورداری از نرخ رشد مناسب، و دارا بودن گوشت لذیذ، خوش طعم و با کیفیت بالا، در حال حاظر در بیشتر مناطق مستعد ایران تکثیر می‌شود[3،4].

از آن‌جا که ذخایر طبیعی آب‌زیان چه در آب‌های داخلی و چه در آب‌های سرزمینی شمال و جنوب ایران به هیچ‌وجه جوابگوی نیازهای جمعیت متقاضی در حال و آینده نخواهند بود، و از طرفی، در شرایط کنونی اقتصادی که موضوع اشتغال‌آفرینی در جامعه ما بسیار پراهمیت است، صنعت آبزی‌پروری می‌تواند فراهم آورنده فرصت‌های شغلی مولد و ارزش افزوده باشد. بنابراین، توسعه این صنعت در این راستا بسیار با اهمیت است[4]. هرچند که نباید از آلودگی منابع آب پذیرنده به‌ویژه افزایش بار آلودگی اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی و یون‌های آمونیوم و نیتریت ناشی از توسعه صنعت آب‌زی‌پروری و لزوم کنترل این آلاینده‌ها برای حفظ محیط‌زیست غافل شد[2].

در پژوهش‌های مشابه، محرابی و همکاران (۲۰۲۳) با ارزیابی توان بوم‌شناختی حوضه کبگیان شهرستان بویراحمد برای استقرار کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی نتیجه گرفتند که از وسعت تقریبی ۱۹۲ هکتاری منطقه مورد مطالعه، ۷۸/۷ هکتار و به‌طور غالب در حاشیه روستای بطاری، از توان بوم‌شناختی قابل قبول برای توسعه صنعت آبزی‌پروری برخوردار بوده است[5]. از طرفی، در پژوهشی با ارزیابی کیفی آب رودخانه کبگیان شهرستان بویراحمد گزارش شد هرچند در زمان اجرای مطالعه، میانگین مقادیر پیراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب کوچک‌تر از حد مجاز بوده است، ولی با افزایش تعداد کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی و همچنین عدم نظارت بر منابع آلاینده تخلیه‌شده به رودخانه، این بوم‌سازگان در آینده‌ای نه چندان دور با معضلاتی به‌ویژه بروز پدیده خوراکوری (Eutrophication) مواجه خواهد شد[1]. این در حالی است که طیبی و سبحان اردکانی (۲۰۱۲) نیز با ارزیابی تاثیر کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی مستقر در محدوده‌ای از رودخانه گاماسیاب واقع در شهرستان نهاوند همدان بر پارامترهای کیفی آب نتایج مشابهی را گزارش کردند[2]. بنافی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی با استفاده از مدل آبزی‌پروری مخدوم و از طریق تلفیق نقشه‌های شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، خاک، سنگ، شبکه جاده، منابع آب جاری، مناطق حفاظت‌شده، پوشش گیاهی و ... نسبت به ارزیابی توان بوم‌شناختی و اقتصادی- اجتماعی استان گلستان برای توسعه این صنعت اقدام کرده و نتیجه گرفتند که مناطق مستعد برای

پرورش ماهیان گرمابی، ماهیان سردآبی و میگوی آب شور در استان گلستان به‌ترتیب سطحی معادل ۹۶/۶، ۴/۵۳ و ۷۲/۲ کیلومترمربع را دربر می‌گیرند[۴].

در سایر پژوهش‌ها، کوک و والمسلی (۱۹۹۰) با مکان‌یابی عرصه‌های مستعد پرورش ماهی قزل‌آلا در آب‌های غربی اسکاتلند گزارش کردند که وسعتی معادل ۱/۲۰ هکتار از منطقه مورد مطالعه برای پرورش ماهی قزل‌آلا مناسب بوده است[۶]. راس و همکاران (۱۹۹۳) با مکان‌یابی مناطق مستعد پرورش ماهی در بنگلادش گزارش کردند که پیراسنجه‌هایی مانند نیازهای زیستی ماهی، دسترسی به منابع آب، مشخصه‌های زمین، وجود شبکه حمل‌ونقل و امکانات عرضه و فروش محصول از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد آبزی‌پروری هستند[۷]. باربر و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که جریان‌های دریایی و شدت امواج، شیب، جنس بستر، تراکم حوضچه بستر و تنوع‌زیستی سایر آب‌زیان به‌ویژه

گونه‌های رقیب و صیاد از نقش کلیدی در انتخاب مکان مناسب برای محل استقرار زیستگاه‌های مصنوعی شاه میگوی آمریکایی در خلیج ماساچوست برخوردار بوده‌اند[۸]. در پژوهشی دیگر، مشخص شد که ۵۲/۰، ۴۵/۰ و ۳/۰۰ درصد از وسعت یک محدوده مطالعاتی در بنگلادش به‌ترتیب از شرایط «مستعد»، «به نسبت مستعد» و «نامناسب» برای پرورش شاه میگو برخوردار بوده است[۹].

استان همدان با دارا بودن بالغ بر ۱۳۰۰۰ منبع آبی شامل چاه، چشمه، قنات و رودخانه[۱۰]، از استعداد مناسبی برای تولید فرآورده‌های با ارزش آبزی برخوردار است. از این‌رو، این مطالعه با هدف ارزیابی توان بوم‌شناختی استان همدان برای استقرار کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با لحاظ کردن شرایط زیستی این گونه (جدول ۱) بر اساس مدل آبزی‌پروری مخدوم[۱۱،۱۲] و با کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شد.

جدول ۱. عوامل زیستی مناسب برای تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان[۱۳،۱۴،۱۵]

ردیف	پیراسنجه	آستانه بهینه
۱	pH	۶/۷ـ۸/۴
۲	اکسیژن محلول	۷ـ۱۳ میلی‌گرم در لیتر
۳	کل مواد جامد محلول	کمتر از ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر
۴	کل مواد جامد معلق	کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر برای بچه ماهیان
۵	نیترات	کمتر از ۶ میلی‌گرم در لیتر برای تخم در انکوباسیون
۶	نیتریت	کمتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر
۷	فسفات	کمتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر
۸	کلر	کمتر از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر
۹	سولفات	کمتر از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر
۱۰	سختی کل	حدود ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر
۱۱	کلسیم	۸۰ ـ ۵۲ میلی‌گرم در لیتر
۱۲	منیزیم	کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر
۱۳	قلیائیت	۱۸۱ میلی‌گرم در لیتر
۱۴	هدایت الکتریکی	۳۶۰ میکروزیمنس در سانتی‌متر
۱۵	مصرف زیست- شیمیایی اکسیژن	۱/۳ میلی‌گرم در لیتر
۱۶	دی اکسید کربن	کمتر از ۱۲ یا ۲ میلی‌گرم در لیتر

مواد و روش ها

در این پژوهش، از مدل آب‌زی‌پروری مخدوم (رابطه ۱) برای ارزیابی توان بوم‌شناختی عرصه‌های مستعد آبزی‌پروری در استان همدان استفاده شد.

Aq= Phg(4)+ Pte(5،6،7،8،9،11،12)+ Pf(1،2)+ Pd(1،2)+ Es(1،2)+ So(1،2،3،4،5)+ Ctw(1)+ Phw(1،2،3،4)+ Wc(1،2)+ dsm(1،2)+ Ps2(1،2)+ Li(1،2،3،4،6،10،17)+ Si(5،8)+Ha(3،4)+ Pr(13)+ Cvt(2،3).

در رابطه ۱:

Ctw بیان‌گر دمای آب (۰-۱۵ درجه سلسیوس)، Phg نشان‌دهنده گروه‌های هیدرولیک خاک، Pte بیان‌گر بافت خاک، Pf و Pd به‌ترتیب بیان‌گر حاصل‌خیزی و عمق خاک (بر حسب سانتی‌متر)، Es نشان‌دهنده فرسایش خاک، So نشان‌دهنده درصد شیب، Ctw بیان‌گر دمای آب (درجه سلسیوس) و Phw نیز نشان‌دهنده اسیدیته آب هستند[۱۲].

از آنجاکه بهترین منابع آبی برای احداث کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی، چشمه‌ها و به‌ویژه چشمه‌های سقوطی هستند[۱۵]، بنابراین، در این مطالعه برای ارزیابی توان بوم‌شناختی عرصه‌های مستعد توسعه آب‌زی‌پروری نسبت به بررسی اطلاعات چشمه‌های استان و پیراسنجه‌های دبی آب، درصد شیب، pH آب، دمای آب، مناطق حفاظت‌شده و آثار باستانی اقدام شد. به‌علاوه، حداقل دبی مورد نیاز برای پرورش قزل‌آلا برابر با ۱۰ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شد و از این‌رو، با استفاده از ویرایش ۹/۳ نرم افزار ArcGIS و لایه اطلاعاتی مربوطه، چشمه‌هایی که دبی آن‌ها برابر یا بیش‌تر از این حد بود انتخاب شدند (شکل ۱).

به‌منظور اعمال پیراسنجه مناطق حفاظت‌شده در پژوهش، با روی‌هم‌گذاری لایه چشمه‌های منتخب و لایه مناطق حفاظت-شده (شکل ۲)، چشمه‌هایی که در محدوده مناطق حفاظت‌شده قرار داشتند، حذف شدند (شکل ۳).

به‌منظور اعمال پیراسنجه آثار باستانی در پژوهش، ابتدا سپری به شعاع ۱۰۰ متر از این آثار زده شد و سپس با روی‌هم‌گذاری لایه چشمه‌های منتخب (شکل ۳) و لایه آثار باستانی، نسبت به حذف چشمه‌هایی که در شعاع ۱۰۰ متری از این آثار قرار داشتند، اقدام شد (شکل ۴).

در این پژوهش، مقادیر دما و pH نمونه‌های آب در محل و توسط دستگاه قابل حمل کالیبره Multi- Parameter مدل HQ30D خوانده شدند[۲].

به‌منظور اعمال پیراسنجه شیب در مدل، با روی‌هم‌گذاری لایه شیب ۰ تا ۱۵ درصد و لایه چشمه‌های منتخب، نسبت به حذف چشمه‌های نامناسب اقدام شد. در نهایت، نتیجه همه پردازش-های صورت گرفته را که نشاندهنده عرصه‌های مستعد برای احداث استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود، به-صورت پلی‌گون‌هایی بر روی نقشه استان همدان پیاده شد (شکل ۵).

برای طبقه‌بندی درجه مرغوبیت پهنه‌های مورد مطالعه که به تنهایی با استفاده از مدل بوم‌شناختی خطی مخدوم امکان‌پذیر نبود، علاوه بر پیراسنجه‌های بوم‌شناختی، نسبت به بررسی پیراسنجه‌های اقتصادی- اجتماعی نظیر دسترسی به‌وسیله نقلیه عمومی، نوع راه زمینی و امکانات محل مانند برق و تلفن نیز اقدام شد[۱۷،۱۴]. در نهایت، پس از مسجل شدن توان پهنه برای کاربری مد نظر، با درنظر گرفتن آمیخته‌ای از اطلاعات بوم-شناختی و اقتصادی- اجتماعی، نسبت به طبقه‌بندی پهنه در سطح محلی و برحسب درجه مرغوبیت آن اقدام شد[۱۹،۱۸،۱۲،۱۱]. بدین منظور با مطالعه آخرین سالنامه آماری استان همدان، پس از استخراج اطلاعات مورد نیاز روستاهای مربوطه و لحاظ کردن آن‌ها در پردازش، پلی‌گون‌ها به‌شرح مندرج در زیر امتیازدهی شدند:

الف) روستاهای برخوردار از برق ۱۰ امتیاز و روستاهای غیربرخوردار از برق ۵ امتیاز

ب) روستاهای برخوردار از خطوط تلفن ثابت ۱۰ امتیاز و روستاهای غیربرخوردار از خطوط تلفن ثابت ۵ امتیاز

ج) روستاها با قابلیت دسترسی توسط وسیله نقلیه عمومی ۱۰ امتیاز و روستاها فاقد قابلیت دسترسی توسط وسیله نقلیه عمومی ۵ امتیاز

د) روستاهای برخوردار از راه ارتباطی آسفالته ۲۰ امتیاز، روستاهای برخوردار از راه ارتباطی شوسه ۱۰ امتیاز و روستاهای برخوردار از راه ارتباطی خاکی ۵ امتیاز.

از آنجایی که ارزیابی صرف عوامل اقتصادی- اجتماعی در تعیین درجه مرغوبیت سرزمین برای توسعه آبزی‌پروری کفایت نمی کند و صحت اندک نتیجه گیری را به‌دنبال خواهد داشت، بنابراین، برای حصول به نتایج قابل اتکاتر، نسبت به دخیل کردن برخی از عوامل و نیازهای زیستی ماهی قزل آلای رنگین کمان اقدام ش[۲۱،۲۰،۷د]. بدین منظور برای تعیین درجه مرغوبیت نهایی از پیراسنجه دبی آب چشمه ها استفاده و امتیازدهی به پلی گون ها به‌طریق ذیل انجام شد:

الف) چشمه هایی با دبی ≤ ۳۰۰۰ لیتر در ثانیه: ۵۰ امتیاز

ب) چشمه هایی با ۳۰۰۰< دبی ≤ ۳۰۰ لیتر در ثانیه: ۴۰ امتیاز

ج) چشمه هایی با ۳۰۰ < دبی ≤ ۵۰ لیتر در ثانیه: ۳۰ امتیاز

د) چشمه هایی با ۵۰ < دبی ≤ ۱۰ لیتر در ثانیه: ۲۰ امتیاز

در نهایت بر اساس مجموع امتیاز عوامل اقتصادی- اجتماعی و دبی آب (بر مبنای امتیاز ۱۰۰)، درجه مرغوبیت نهایی پلی گون ها محاسبه شد (شکل ۶).

یافته‌ها

نتایج تعیین منابع آبی مستعد برای احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی نشان داد که از بین منابع آبی پراکنده در سطح منطقه مورد مطالعه، تعداد ۹۷ چشمه از دبی آب برابر یا بیش تر از ۱۰ لیتر در ثانیه برخوردار و مناسب کاربری مدنظر بوده‌اند (شکل ۱).

نتایج اعمال عامل مناطق حفاظت شده در تعیین عرصه های مستعد احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی نشان داد که چشمه‌های جوزان لشگردر، بابلقانی گلپرآباد، قشلاق‌نجف ملوسان و دو سرچشمه قلقل رود خانگرمز در محدوده مناطق حفاظت شده قرار داشته‌اند (شکل ۳).

نتایج اعمال عامل آثار باستانی در تعیین عرصه های مستعد احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی نشان داد که چشمه سراب کنگاور کهنه در شعاع ۱۰۰ متری از این آثار یعنی تپه سراب کنگاور کهنه قرار داشته است (شکل ۴).

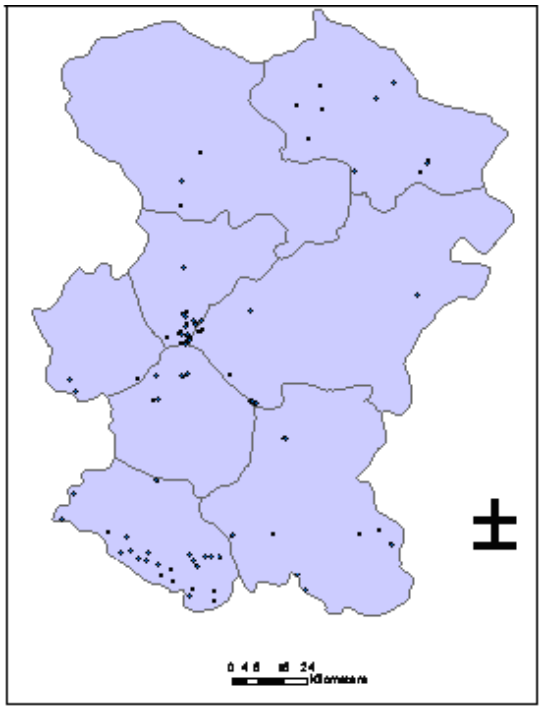
نتایج تعیین pH و دمای منابع آبی منتخب برای تعیین عرصه های مستعد احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی نشان داد که pH چشمه های منتخب در محدوده ۶/۰-۸/۵ و دمای آب آن ها نیز از ۷/۰-۱۵ درجه سلسیوس متغیر و در محدوده ارایه شده در مدل آبزی پروری مخدوم بوده است.

نتایج پیاده سازی عرصه های مستعد برای احداث استخرهای پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان پس از اعمال پیراسنجه شیب (۰ تا ۱۵ درصد) بر روی نقشه استان همدان به صورت پلی گون، نشان داد که مساحت پلی-گون های منتخب برای احداث استخرهای پرورش ماهی در حدود ۳۳/۹ کیلومترمربع (۱۴/۲، ۵/۷۱، ۴/۷۲، ۳/۱۱، ۲/۶۳، ۱/۴۵، ۱/۲۱ و ۰/۸۴۰ کیلومترمربع به ترتیب مربوط به شهرستان های نهاوند، رزن، بهار، همدان، ملایر، تویسرکان، اسدآباد و کبودرآهنگ) بوده است که در حدود ٪۰/۱۷۰ از کل وسعت استان (۱۹۴۹۳ کیلومترمربع) را شامل می شوند (شکل ۵).

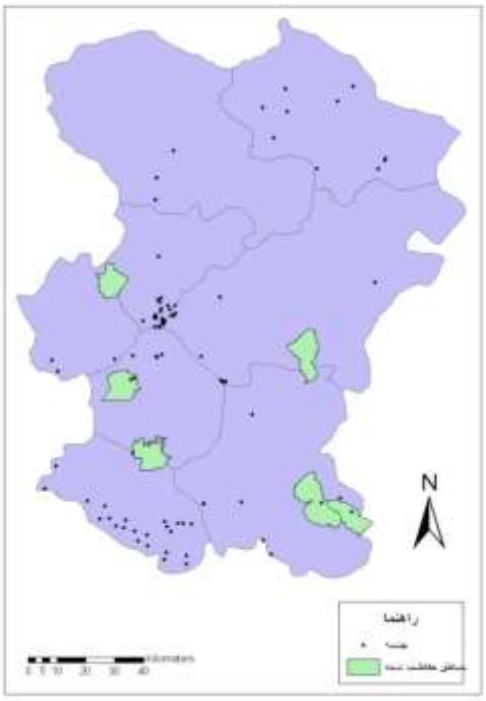
نتایج لحاظ کردن عوامل اقتصادی- اجتماعی برای تعیین عرصه های مستعد احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی نشان داد که روستاهای حائز ۵۰ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۱"، روستاهای حائز ۴۵ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۲"، روستاهای حائز ۴۰ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۳" و

روســـتاهای حائز ۳۵ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۴" برخوردار بوده‌اند.

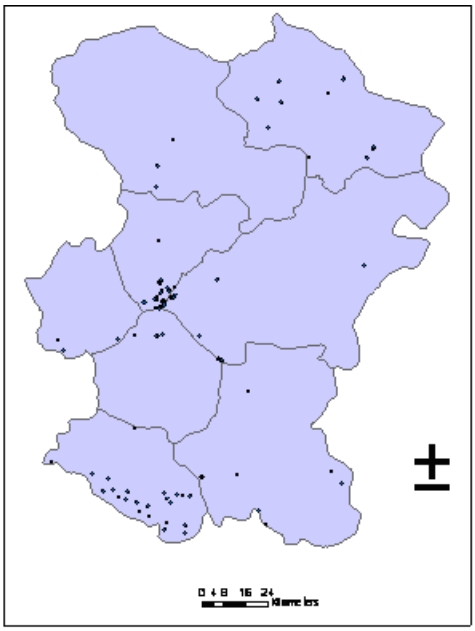
نتایج اعمال مجموع امتیازات عوامل اقتصـــادی- اجتماعی و دبی آب در مشخص کردن درجه مرغوبیت نهایی پلی گون ها به منظور تعیین عرصه های مستعد احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان نشان داد که پلی گون هایی با ۹۵ تا ۱۰۰ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۱"، پلی گون هایی با ۸۵ تا ۹۰ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۲"، پلی گون هایی با ۷۵ تا ۸۰ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۳"، پلی گون هایی با ۶۵ تا ۷۰ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۴" و پلی گون هایی با ۵۵ تا ۶۰ امتیاز از "درجه مرغوبیت ۵" برخوردار بوده‌اند (شـــکل ۶). و سعت عر صه‌های م ستعد آبزی‌پروری در سطح ا ستان همدان به‌تفکیک شهرستان در جدول ۲ آورده شده است.



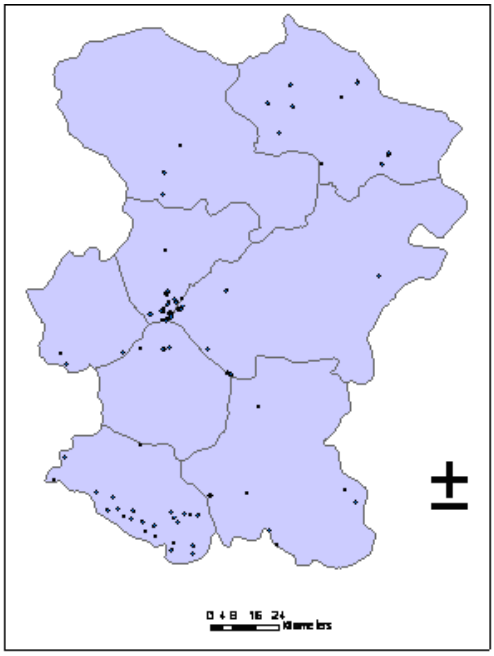
شکل ۱. نقشه پراکندگی چشمه‌هایی با دبی برابر یا بیش‌تر از ۱۰ لیتر در ثانیه در سطح استان همدان



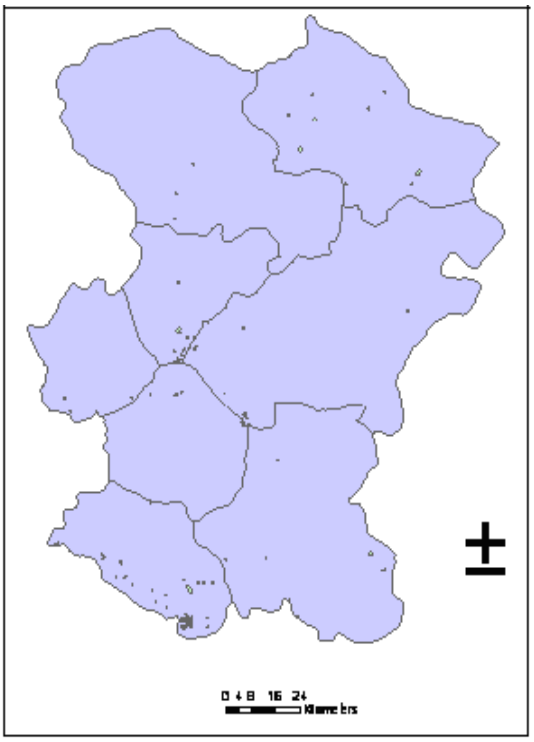
شکل ۲. نقشه پراکندگی چشمه‌ها و مناطق حفاظت‌شده در سطح استان همدان



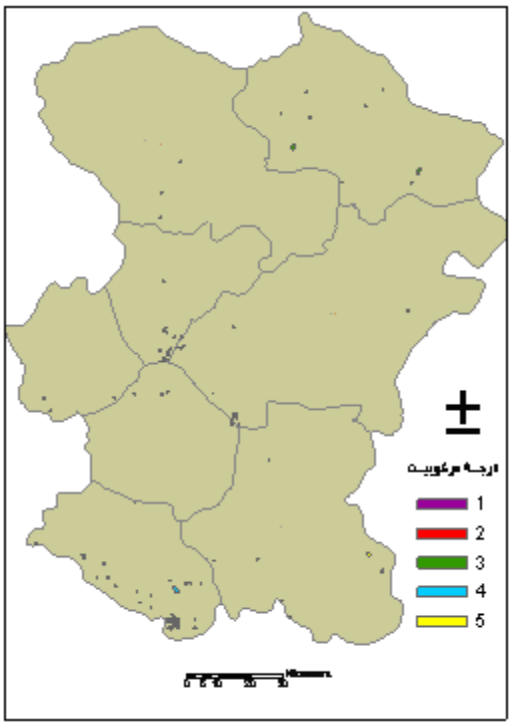
شکل ۳. نقشه هم‌پوشانی لایه چشمه‌ها و مناطق حفاظت‌شده



شکل ۴. نقشه هم‌پوشانی لایه چشمه‌ها و آثار باستانی



شکل ۵. نقشه پراکندگی مناطق مستعد احداث کارگاه پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در سطح استان همدان



شکل ۶. نقشه درجه مرغوبیت مناطق مستعد احداث کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سطح استان همدان

جدول ۲. وسعت عرصه‌های مستعد آبزی‌پروری در سطح استان همدان به‌تفکیک شهرستان بر حسب کیلومترمربع

ردیف	شهرستان/استان	وسعت کل	وسعت عرصه مستعد آبزی‌پروری	نسبت وسعت عرصه مستعد آبزی‌پروری به وسعت کل (٪)
۱	نهاوند	۱۶۲۳	۱۴/۲	**۰/۸۷۵**
۲	رزن	۲۷۳۰	۵/۷۱	**۰/۲۰۹**
۳	بهار	۱۳۹۸	۴/۷۲	**۰/۳۳۸**
۴	همدان	۴۰۸۴	۳/۱۱	**۰/۰۷۶**
۵	ملایر	۳۲۳۸	۲/۶۳	**۰/۰۸۱**
۶	تویسرکان	۱۴۸۰	۱/۴۵	**۰/۰۹۸**
۷	اسدآباد	۱۱۷۳	۱/۲۱	**۰/۱۰۳**
۸	کبودرآهنگ	۳۷۶۸	۰/۸۴۰	**۰/۰۲۲**
۹	**استان همدان**	**۱۹۴۹۴**	**۳۳/۹**	**۰/۱۷۴**

بحث

امروزه، همگام با رشد جمعیت و نیاز روزافزون به منابع پروتئینی اهمیت توسعه صنعت آبزی‌پروری را بیش از پیش نمایان ساخته است. این در حالی است که توسعه برنامه‌ریزی نشده و نامنظم این صنعت می‌تواند ضمن تحمیل پیامدهای مخرب محیط‌زیستی، از کارایی این صنعت نیز به‌طور چشم‌گیر کاسته و ضمن هدررفت منابع مالی، به درگیری‌های اجتماعی نیز منجر شود[۲۲-۲۴] که این مشکلات را می‌توان با برنامه‌ریزی فضایی ساختاریافته به حداقل رسانده و یا از آن‌ها جلوگیری کرد. مرور منابع نشان‌دهنده آن است که سایر پژوهشگران استفاده از فناوری‌ها، ابزارها و یا روش‌هایی همچون سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره را برای مکان‌یابی عرصه‌های مستعد توسعه صنعت آبزی‌پروری توصیه کرده‌اند[۲۵،۲۹]. از این‌رو، در این پژوهش هم از ابزار سامانه اطلاعات جغرافیایی با قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، پردازش و مدیریت داده های مکانی برای مکان‌یابی عرصه‌های مستعد احداث کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی در استان همدان استفاده شد.

با درنظر گرفتن وضعیت منابع زیستی کشور توجه به توان بوم شناختی برای هرگونه برنامه‌ریزی در خصوص استفاده از سرزمین و استقرار انواع کاربری‌ها در آن در راستای نیل به توسعه پایدار و درخور ضروری بوده تا ضمن حفظ کمیت و کیفیت محیط‌زیست، نیازهای ساکنین نیز به‌صورت پایدار تامین شود[۳۰]. امروزه انواع مختلفی از بوم سازگان های آبی از جمله پهنه و بستر رودخانه ها، مرداب ها، تالاب ها، خلیج ها، مصب ها، دریاچه ها، چشمه ها، کانال های آبیاری و نظایر آن بر حسب نوع سیستم پرورش اعم از باز و یا بسته و همچنین میزان سرمایه گذاری درنظر گرفته شده، به کاربری آبزی پروری اختصاص یافته اند. موفقیت یا عدم موفقیت سرمایه گذاری در آبزی پروری تا حد زیادی به انتخاب محل مناسب برای استقرار سایت مدنظر بستگی دارد. در این راستا، علاوه بر اهمیت نوع گونه منتخب برای تکثیر و پرورش، توجه به جنبه های زیستی گونه و عوامل فیزیکوشیمیایی محیط (پستی و بلندی، ارتفاع از سطح دریا، ذخایر آب، کمیت و پویایی آن ها، پیراسنجه‌های کیفی آب، حاصل خیزی، نوع و تراکم پوشش گیاهی و ...)، اقتصادی-اجتماعی (آداب و رسوم اجتماعی و مذهبی، علایق مصرف کنندگان، ماهیت نیروی کار، امکانات حمل و نقل و ارتباطات، دسترسی و نزدیکی به بازار و ...)، سیاسی، حقوقی، شرایط اقلیمی و فناوری مورد استفاده[۳۱] از اهمیتی به سزا برخوردار هستند[۶]. در این پژوهش برای ارزیابی توان بوم‌شناختی و مکان یابی عرصه های مستعد پرورش ماهیان سردآبی نسبت به ارزیابی اطلاعات چشمه های استان و پیراسنجه های دبی آب، درصد شیب، pH آب، دمای آب، مناطق حفاظت شده و آثار باستانی اقدام گردید و مشخص شد که از بین عرصه های مستعد شناسایی شده در این مطالعه برای احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان، سراب گاماسیاب در شهرستان نهاوند تنها منطقه ای است که با امتیاز ۱۰۰، از درجه مرغوبیت ۱ برخوردار بوده است. بدین‌صورت که امکانات روستای ورآینه شامل: شبکه توزیع برق، دفتر مخابرات، دسترسی به و سیله نقلیه عمومی و برخورداری از راه دسترسی آسفالته ۵۰ امتیاز، و دبی آب چشمه ها (۳۰۰۰ لیتر در ثانیه) ۵۰ امتیاز دیگر را به‌خود اختصاص داده است. درجه مرغوبیت ۲ با کسب ۹۰ امتیاز مربوط به روستای ارزانفود در شهرستان همدان بود که ۵۰ امتیاز آن مربوط به امکانات محلی و ۴۰ امتیاز دیگر آن نیز به دبی چشمه ها اختصاص داشت. همچنین، مناطقی که درجه مرغوبیت ۳ را به‌خود اختصاص دادند، متعلق به شهرستان های نهاوند، رزن، همدان و بهار بودند. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که در حدود ۳۳۹۰ هکتار از وسعت استان همدان از توان بوم شناختی برای احداث استخرهای پرورش ماهی برخوردار بوده است که این عرصه‌ها در حدود ۰/۱۷۰٪ از کل وسعت

استان را شامل می‌شوند. در پژوهشی مشابه، بندیرا و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند علی‌رغم آن‌که مالزی جزو پنج کشور پیشرو در توسعه صنعت آبزی‌پروری جنوب شرق آسیا محسوب می‌شود، ولی به‌دلیل گسترش شهر جورج تاون مالزی به‌سمت نواحی حاشیه‌ای و اختصاص زمین به این امر، فقط ٪۰/۳۷۰ از عرصه‌های این شهر از قابلیت توسعه کاربری آبزی‌پروری برخوردار بوده است[۲۴]. از طرفی، این پژوهشگران GIS را یک ابزار مدل‌سازی قدرتمند برای تصمیم‌گیری در انتخاب سایت تکثیر و پرورش آبزیان معرفی کردند. علاوه بر این، سروری‌فر و همکاران (۲۰۱۷) با ارزیابی توان بوم‌شناختی حوضه آبخیز شهرستان شوشتر برای کاربری آبزی‌پروری نسبت به ارزیابی و وزن‌دهی معیارهای اصلی فیزیکوشیمیایی و زیرمعیارهای آن شامل فیزیوگرافی، منابع آب، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و اقلیم؛ اقتصادی-اجتماعی و زیرمعیارهای آن شامل میزان دسترسی به بازار، هزینه آب و هزینه زمین؛ و زیستی و زیرمعیارهای آن شامل زیستگاه جانوری و گونه جانوری به روش AHP گزارش کردند که ۹۹۴۸۵ هکتار (٪۴۸) و ۱۰۷۱۹۰ هکتار (٪۵۲) از وسعت محدوده مورد مطالعه به‌ترتیب از توان مناسب و توان نامناسب برای توسعه کاربری آبزی‌پروری برخوردار بوده است[۳۰]. در پژوهشی دیگر، سبحان اردکانی و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از مدل آبزی‌پروری مخدوم و ارزیابی پارامترهای بافت، عمق و فرسایش خاک، شیب، دما، اسیدیته و دبی آب، سنگ، رویشگاه‌های حساس، مناطق حفاظت شده و ارزش حفاظتی گونه‌ها نسبت به ارزیابی توان بوم‌شناختی حوضه آبخیز کبگیان شهرستان بویراحمد برای آبزی‌پروری اقدام و گزارش کردند که از وسعت تقریبی ۱۹۲ هکتاری منطقه مورد مطالعه، ۷۸/۷ هکتار (حاشیه روستای بطاری) از قابلیت قابل قبول برای توسعه صنعت آبزی‌پروری برخوردار بوده است[۵]. رامان و گاجرا (۲۰۱۴) در پژوهشی با استفاده از GIS و ارزیابی پارامترهای راه‌های ارتباطی، رودها، پستی و بلندی و شیب نسبت به شناسایی عرصه‌های مستعد آبزی‌پروری در شهر پونا هندوستان اقدام و گزارش کردند که ۶۴/۲ هکتار (٪۰/۲۵۰) از کل محدوده مورد ارزیابی به‌علت دسترسی به بازار مصرف و برخورداری از شبکه‌های ارتباطی مناسب از قابلیت توسعه آبزی‌پروری برخوردار بوده است[۳۲].

نتیجه گیری

با استناد به دستاوردهای این پژوهش، بیش‌تر عرصه های مستعد برای احداث کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان در شهرستان های استان همدان از درجه مرغوبیت درجه ۴ برخوردار بوده که در شکل ۶ با رنگ آبی نشان داده شده اند. بدین صورت که ۳۳ پلی گون با وسعت تقریبی ۸۰۷ هکتار از "درجه مرغوبیت ۱"، ۶ پلی گون با وسعت تقریبی ۱۶۲ هکتار از "درجه مرغوبیت ۲"، ۱۲ پلی گون با وسعت تقریبی ۵۶۹ هکتار از "درجه مرغوبیت ۳"، ۴۷ پلی گون با وسعت تقریبی ۱۵۱۸ هکتار از "درجه مرغوبیت ۴" و ۱۴ پلی گون با وسعت تقریبی ۳۳۲ هکتار از "درجه مرغوبیت ۵" برخوردار بودند. همچنین، بر اساس توزیع پلی گون ها در شهرستان های استان همدان، شهرستان های نهاوند و کبودرآهنگ به ترتیب از بیش ترین و کم ترین عرصه‌های مستعد برای احداث استخرهای تکثیر و پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان برخوردار بودند. از طرفی، با درنظر گرفتن انعطاف پذیری اندک مدل آبزی‌پروری مخدوم، لحاظ کردن اهمیت و وزن برابر برای همه پیراسنجه‌ها و لزوم دسترسی به اطلاعات همه پارامترهای مورد استفاده در مدل از یک‌سو و گستردگی و تنوع اقلیمی ایران از سوی دیگر نسبت به ارایه مدل‌های متناسب با شرایط بوم‌شناختی هر منطقه با لحاظ کردن شرایط حاکم بر هر منطقه در مدل و کمی کردن مدل‌ها برای تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب مناسب‌ترین کاربری توصیه می شود. علاوه بر این، پیشنهاد می شود در مطالعه‌های آتی نسبت به ارزش‌گذاری اقتصادی تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی در کشور اقدام شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از حوزه معاونت پژوهش و فن آوری دانشـــگاه آزاد اســـلامی واحد همدان برای فراهم کردن امکانات اجرای مطالعه سپاسگزاری می‌کنند.

References

1. SobhanArdakani S, Mehrabi Z, Ehteshami M. Effect of aquaculture farms wastewater on physicochemical parameters of Kabkian River, 2011-12. J Mazandaran Univ Med Sci 2014;24(113): 140-9 (In Persian).
2. Tayebi L, Sobhanardakani S. Monitoring of water quality parameters of Gamasiab River and affecting factors on these parameters. J Environ Sci Technol 2012;53(2):37-48 (In Persian).
3. Arjmandi R, Karbasi AR, Mogoyi R. Environmental effects of aquaculture in Iran. J Environ Sci Tech 2007; 33:19-28 (In Persian).
4. Banafi M, Kamali A, Salman mahini A, Kiabi B. Site selection for coldwater fish culture using GIS in Golestan province of Iran. Iran Sci Fish J 2018;16(4):35-44 (In Persian).
5. Mehrabi Z, Sobhan Ardakani S, Tayebi L. Ecological potential evaluation of the Kabgian basin for aquaculture. J Renew Nat Res Res 2023;13(2):87-95 (In Persian).
6. Cook AD, Walmsley LS. Suitable sites for aquaculture salmon farming in coastal waters of western Scotland. Aquacult J 1990;284(4): 127-135.
7. Ross LG, Mendoza EA, Beveridge MCM. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. Aquaculture 1993;112(2-3):165-78.
8. Barber LG, RossCorresponding EA, Mendoza QM, Beveridge MCM. Locate seating reef marine American Crayfish in Massachusetts Bay using GIS. Sci Total Environ 2009;223(4):65-76.
9. Shahadat Hossain M, Gopal Das N. GISbased multi-criteria evaluation to land suitability modelling for giant prawn (Macrobrachium rosenbergii) farming in Companigonj Upazila of Noakhali, Bangladesh. Comput Electron Agric 2010;70(1):172-86.
10. Sobhanardakani S, Maanijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg concentrations in groundwater resources of Razan Plain. Sci J Hamadan Univf Med Sci 2015;21(4):319-29 (In Persian).
11. Makhdoum M. Fundamental of Land Use Planning. Univ Tehran Press 2012;290 p (In Persian).
12. Makhdoum M, Darvishsefat AA, Jafarzadeh H, Makhdoum A. Environmental Evaluation and Planning by Geographic Information System. Univ Tehran Press 2012;304 p (In Persian).
13. Esmaili Sari A. Principles of Water Quality Management in Aquaculture. Iran Fish Res Inst Publ 2000;260 p (In Persian).
14. Kapetsky JM, Hill JM, Worthy LD, Evans DL. Assessing potential for aquaculture development with a geographic information system. J World Aqua Soc 1990;21(4):241-9.
15. Boyd CE, Schmittou HR. Achievement of sustainable aquaculture through environmental management. Aqua Econ Manage 1999;3(1):59-69.
16. Kapetsky JM, Hill JM, Worthy LD. A geographical information system for catfish farming development. Aquaculture 1988;68:311-20.
17. Dubois JM, Habbane M. Methodology of regional aquaculture zoning using the aid of teledetection in IRS. Canad Geogr 2002;46(2):172-85.
18. Meaden G, Kapetsky JM. Geographic information systems and remote sensing in inland fisheries and aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 318, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1991;186-233 pp.
19. Nath SS, Bolte JP, Ross LG, Aguilar-Manjarrez J. Applications of geographic information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. Aqua Eng 2000;23:233-78.
20. Parker MR, Beale BF, Congelton WR, Pearce BR, Morin L. Utilization of GIS and GPS for shellfish grow out site selection. J Shellfish Res 1998;17:1491-5.
21. Peter C, Terry R, Kerry P. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. J Ocean Coast Manage 2008;51:612-24.
22. Shahbudin S, Zuhairi A, Kamaruzzaman BY. Impact of coastal development on mangrove cover in Kilim River, Langkawi Island, Malaysia. J For Res 2012;23:185-90.
23. Luo Z, Hu S, Chen D. The trends of aquacultural nitrogen budget and its environmental implications in China. Sci Rep 2018;8:1-9.
24. Bandira PNA, Mahamud MA, Samat N, Tan ML, Chan NW. GIS-based multicriteria evaluation for potential inland aquaculture site selection in the George Town conurbation, Malaysia. Land 2021;10(11):1174.
25. Longdill PC, Healy TR, Black KP. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. Ocean Coast Manag 2008;51:612-24.
26. Hossain MS, Chowdhury SR, Das NG, Sharifuzzaman SM, Sultana A. integration of GIS and multi-criteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh. Landsc Urban Plan 2009;90:119-33.
27. Radiarta IN, Saitoh SI, Yasui H. Aquaculture site selection for Japanese kelp (Laminaria japonica) in

Southern Hokkaido, Japan, using satellite remote sensing and GIS-based models. ICES J Mar Sci 2011;68:773-80.

28. Mamat N, Rasam ARA, Adnan NA, Abdullah IC. GIS-based multi-criteria decision making system for determining potential site of oyster aquaculture in Terengganu. In Proceedings of the IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications (CSPA), Kuala Lumpur, Malaysia, 7-9 March 2014;pp.71-6.
29. Vafaie F, Hadipour A, Hadipour V. GIS-based fuzzy multi-criteria decision making model for coastal aquaculture site selection. Environ Eng Manag J 2015;14:2415-26.
30. Sorori Far A, Orak N, Attarroshan S. Evaluation of ecological potential of Shushtar watershed for aquaculture use using the modified method of Makhdoom and AHP. J Wetland Ecobiol 2017;9(1):108-19 (In Persian).
31. Falconer L, Middelboe AL, Kaas H, Ross LG, Telfer TC. Use of geographic information systems for aquaculture and recommendations for development of spatial tools. Aquaculture 2020;12:664-77.
32. Raman RK, Gajera NB. Study on potential application of geographic information systems (GIS) to find out suitable aquaculture site in Pune - Maharashtra, India. Int J Adv Remote Sens GIS 2014;3(1): 669-80.

Journal of Environmental Health Engineering, May 2023; Vol.10, No. 3:325- 339

Ecological potential evaluation of cold-water fish culture for reducing the environmental impact: Case study, Hamedan province, west of Iran

Mehrdad Cheraghi[1*], Soheil Sobhanardakani[1], Bahareh Lorestani[2], Fatemeh Jafari Nobakht[3], Lima Tayebi[4]

[1] Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[2] Ph.D. in Environmental Science, Associate Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[3] M.Sc. in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[4] Ph.D. in Fisheries, Assistant Professor in Fisheries, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

Email: cheraghi@iauh.ac.ir

Received: 6 July 2023 ; Accepted: 28 August 2023

ABSTRACT

Background: Nowadays, the growing population has increased the demand for food especially for protein triggering the aquaculture industry's expansion. However, unplanned and unregulated farm will caused be at the subsequent yield failure and cost of environmental stress in the aquaculture farm. Accordingly, ecological potential evaluation and site selection of suitable areas for establishment of aquaculture farms can be prevent the interference of different land uses, minimize the environmental impact of aquaculture development and prevent disruptions in development. Therefore, the currentstudy was conducted to ecological potential evaluation of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) culture as coldwater fish species in Hamedan province, west of Iran.

Methods: In the current study, biological requisites of rainbow trout, socioeconomic factors, springs information, water flow, water temperature, pH, slope, protected areas and antiquities were used for ecological potential evaluation and site selection of suitable sites for rainbow trout culture. In so doing, 'Makhdoum Aquaculture Model' and ArcGIS 10.3 were used.

Results: Based on the results obtained, 1420 ha of Nahavand county, 571 ha of Razan county, 472 ha of Bahar county, 311 ha of Hamedan county, 263 ha of Malayer county, 145 ha of Toyserkan county, 121 ha of Asadabad county and 84.0 ha of Kabudarahang county were identified as the suitable areas for establishment of rainbow trout culture farms.

Conclusion: Ecological potential evaluation and site selection for aquaculture by considering the land suitability could be taking to sustainable development and reduce of environmental stress of the aquaculture farm.

Keywords: Environmental stress, Ecological potential evaluation, Site selection, Geographic information system, Aquaculture