مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

توسعه مدل MCE در پهنه‌بندی مناطق مستعد آبزی‌پروری گرمابی و سردابی در نرم‌افزار IDRISI (مطالعه موردی: استان گلستان)

عبدالله کبودی[1*]، عبدالرسول سلمان ماهینی[2]، سید حامد میرکریمی[2]، سارا حق پرست[3]، هادی رییسی[4]، یعقوب عزیزی[5]

[1]گروه عمران دانشگاه آزاد آبدانان

[2]گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[3]گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[4] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، بندرعباس، ایران

[5]گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، مرکز علوم تحقیقات

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۳/۰۳/۲۴
اصلاح: ۹۴/۰۶/۲۰
پذیرش: ۹۴/۰۷/۱۵

کلمات کلیدی:
آبزی‌پروری
منطق فازی
مدل MCE
GIS

چکیده

این مطالعه با هدف تامین نیازهای اطلاعاتی در مورد توان بالقوه آبزی‌پروری و تخمین توان اکولوژیکی استان گلستان به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد آبزی‌پروری (گرمابی و سرمابی) با استفاده از روش (MCE) چندمعیاره در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شد. به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشه تناسب اراضی برای کاربری توسعه آبزی‌پروری به واسطه روش ارزیابی چندمعیاره (MCE) و فازی‌سازی (Fuzzy) فاکتورهای مورد بررسی و روش وزن‌دهی سلسله مراتبی (AHP) در محیط نرم‌افزار (IDRISI Kilimanjaro) و (ArcGIS9.3)، آماده گردید. با بهبود کیفیت و دقت داده‌ها از جمله مدل رقومی ارتفاع با اندازه پیکسل مناسب و نقشه سنگ و خاکشناسی با دقت و مقیاس مناسب، داده‌های مربوط به کیفیت آب (دمای آب، میزات اسیدیته آب و شوری) و غیره همواره می‌توان مناسب‌ترین پهنه‌های آبزی‌پروری (گرمابی و سردابی) در منطقه را با دقت بیشتر شناسایی کرد. نتایج حاکی از آن است که محدوده این شهرستان‌ها دارای توان مناسب برای گسترش استخرهای آبزی‌پروری در مقیاس تجاری و بدون محدودیت جدی ناشی از نبود متغیرهای اساسی است. همچنین از نقطه نظر آبزی‌پروری در مقیاس تجاری، نزدیکی استخرها به جاده عامل مهمی در رسیدن آسان محصول به بازارهای شهری بود.

مقدمــه

افزایش میزان بهره‌برداری از منابع شیلات و افزایش تقاضای جهانی برای غذا، ضرورت نگاهی نو به طبیعت و توان بالقوه بخش آبزی‌پروری را به وجود آورده است و این سوال مطرح می‌شود که آبزی‌پروری تا چه اندازه می‌تواند باعث تولید پروتئین و امنیت غذایی بشر در درازمدت شود (بنافی و همکاران، ۱۳۸۶). به منظور بررسی توان بالقوه هر کاربری برای توسعه آتی، به واسطه پیچیدگی اجزای محیط زیست، کارشناسان همواره نیازمند مدل‌هایی هستند تا به ساده‌سازی این اجزا بپردازند.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: abdollahkaboodi@yahoo.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

سرزمین، یک منبع محدود و آسیب‌پذیر است، اما چنانچه از سودمندی‌های آن به درستی استفاده شود، ابدی و قابل تجدید است (مخدوم، ۱۳۸۴). خوشبختانه انسان متمدن به فکر چاره‌جویی افتاده است و از اواخر قرن میلادی گذشته انسان دریافت برای آنکه بخواهد بهره‌برداری با صرفه اقتصادی و مستمر از سرزمین داشته باشد، بهتر است که روند بهره‌برداری را در یک چارچوب برنامه‌ریزی شده به نام طرح مدیریت به اجرا گذارد (مخدوم، ۱۳۸۷). چنین فکری مقدمه‌ای برای آمایش سرزمین یا برنامه‌ریزی استفاده از اراضی تلقی می‌شود. آمایش سرزمین بخشی از جغرافیای کاربردی و یک شاخه میان رشته‌ای است که در آن کار جغرافیدان، اقتصاددان، برنامه‌ریز، جامعه‌شناس، اکولوژیست و نظایر آن با همدیگر گره خورده است و در آن یک آینده‌نگری صورت می‌گیرد که این آینده‌نگری عبارتست از عینیت بخشیدن به مناسبات مشترک و وابسته به هم میان گذشته، حال و آینده (شکوئی، ۱۳۸۵). محققان بیان می‌کنند که آمایش سرزمین (منطقه‌ای) بهترین، ارزانترین و موثرترین راه حل مشکل تخریب محیط زیست، بازدهی اقتصادی و رفاه اجتماعی است، البته اگر طرح‌های توسعه برای این چارچوب استوار باشد نه فقط بر اساس معیارهای اقتصادی و رفاه اقتصادی (مخدوم، ۱۳۸۷).

محیط پیرامون ما مملو از مسائل چندمعیاره است و انسان‌ها مجبور به تصمیم‌گیری در این زمینه‌ها هستند و در بعضی مواقع نتیجه تصمیم‌گیری به حدی مهم است که بروز خطا ممکن است که ضررهای جبران ناپذیری را بر ما تحمیل کند. از این‌رو لازم است که تکنیک یا تکنیک‌های مناسبی برای انتخاب بهینه و تصمیم‌گیری صحیح طراحی شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۴).

ایجاد و به‌کارگیری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) منجر به بروز تغییرات و جهش‌های عظیمی در بسیاری از زمینه همچون محیط زیست، آمایش سرزمین و توسعه آبزی‌پروری شد (Patrono, 2004 ؛ مخدوم، ۱۳۸۷). به هر حال GIS یک فن و یا ماشین ابزاری است که می‌توان از آن در شناسایی داده‌ها (نقشه‌های‌موضوعی) تجزیه و تحلیل و تفسیر و جمع‌بندی داده‌ها، ارزیابی توان اکولوژکی و نیازهای اقتصادی اجتماعی برای استفاده انسان از سرزمین، تغیرات محیط زیست و از همه مهم‌تر برنامه‌ریزی منطقه‌ای یا به عبارت اصطلاح امروزی برنامه‌ریزی محیط زیست، که در برگیرنده تمام موارد یاد شده است، از آن بهره جست. همانگونه که Niset، بیان کرده است، (GIS) پلی بین پایگاه داده‌های منابع و مدیریت است (مخدوم، ۱۳۸۷).

نیاز به توسعه یک خط مشی و برنامه‌ریزی در مورد جوانب مختلف، یکی از دلایل اصلی برای افزایش علاقه به تجزیه و تحلیل چند معیاره در آمایش سرزمین می‌باشد (Beinat and Nijkamp, 2001) و از آنجا که نفوذ تصمیم‌گیری چند معیاره در مدیریت محیطی بسیار بالا بوده است، توسعه بالای ابزارهای خاصی برای اداره آن در محیط (GIS) را باعث شده است. به دنبال پیشرفت‌های (GIS) و نرم‌افزارهای آن، روش‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره/چند هدفه رو به رشد نهاد (Eastman *et al.*, 1998) و پتانسیل استفاده از (GIS) زمانی که با تجزیه و تحلیل‌های چند معیاره در مدیریت محیطی ترکیب شد، مورد توجه خاصی قرار گرفت (Patrono, 2004)

در روش (MCE) دو نوع لایه اطلاعاتی به نام لایه‌های بولین و لایه فازی (Fuzzy) تهیه می‌شود. لایه‌های بولین دارای ارزش‌های صفر و یک بوده و نشان دهنده محدودیت‌های قطعی هستند، در حالیکه لایه‌های فازی (Fuzzy) و مشابه آن دارای دامنه‌ای از اعداد هستند و نشان دهنده امکان برقراری شرط‌های مختلف با درجات مختلف می باشند. در روش MCE هر فاکتور استاندارد شده (فازی شده) در وزن مرتبط با آن ضرب می‌گردد، سپس فاکتورها با هم جمع می‌شوند. زمانی که وزن‌ها برای هر سلول محاسبه شد، تصویر حاصل یکبار دیگر در نقشه‌های محدودیت ضرب می‌گردد تا مناطقی که نباید مورد محاسبه قرار گیرند، خارج گردند. تصویر نهایی، مربوط به محاسبه ترکیب مطلوبیت در محدوده صفر تا ۲۵۵ برای مناطقی است که محدودیتی برای توسعه ندارند (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸).

ارزیابی به روش MCE امکان جایگزینی کامل بین فاکتورها را فراهم می‌کند. اما مقدار جایگزینی هر فاکتور با دیگری بر اساس وزن فاکتور برآورد می‌گردد. در مورد ریسک نسبی نیز مشاهده می‌شود از آنجا که MCE بولی که از تابع AND استفاده می‌کند، یک تابع ضد ریسک است، در حالی که تابع OR یک تابع ریسک‌پذیر است. این دو مورد، دو حد بالا و پایین ریسک

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

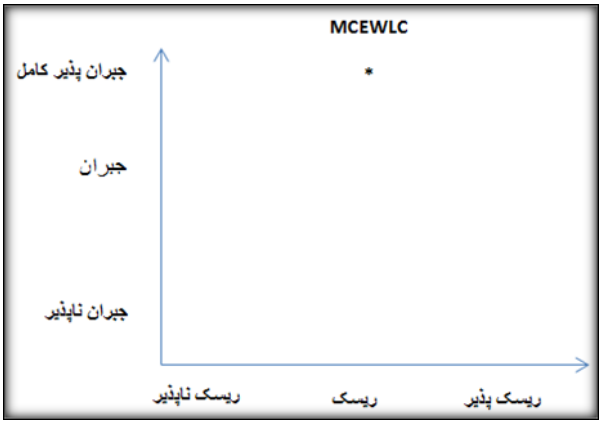
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

هستند. روش MCE حدواسط این مورد جا می‌گیرد. بنابراین MCE دارای قابلیت جبران کامل و ریسک میانگین است که در (شکل۱) نشان داده می‌شود (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸).
به طور کلی این مطالعه با اهداف زیر انجام شد:

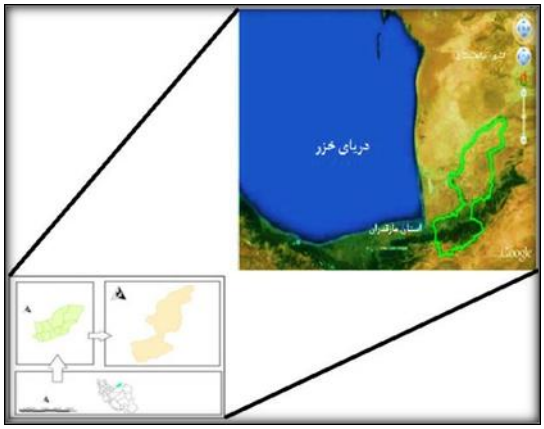
۱- امکان‌سنجی ارزیابی توان استان گلستان برای پرورش ماهیان سردآبی و گرمابی بر اساس داده‌های موجود
۲- تعریف معیارهای بوم شناختی، اقتصادی و اجتماعی برای توسعه منطقی مناطق پرورش ماهیان سردابی و گرمابی در شهرستان‌های علی‌آباد، گنبد و گرگان
۳- یافتن مکان‌های مناسب پرورش ماهیان سردابی و گرمابی در سطح شهرستان‌های مذکور
۴- افزایش سرعت و صحت در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت آبزی‌پروری

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق عبارتست از شهرستان‌های علی‌آباد، گرگان و گنبد که در طول جغرافیایی بین ″۰۰ ′۱۳ °۵۴ تا ″۳,۱۹ ′۴۰ °۵۵ و عرض جغرافیایی بین ″۴۹,۹ ′۲۹ °۳۶ تا ″۴,۲۵ ′۰۹ °۳۸ واقع گردیده است که در سال ۹۳-۹۲ مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲). این منطقه از شمال به رودخانه اترک، از غرب به شهرستان‌های آق‌قلا، بندر ترکمن و کردکوی، از جنوب به استان سمنان و از شرق هم به رامیان، آزادشهر و کلاله منتهی می‌شود. مساحت این محدوده، حدودا ۷۸۲۰۰۰ هکتار است. این محدوده دارای سه شهر و ۲۶۴ پارچه آبادی است و به لحاظ تمامی عوامل و پارامترهای اکولوژیک موثر در استفاده از سرزمین همچون شیب، جهت، ارتفاع، پوشش گیاهی، جنگلی و نیز تمام پارامترهای اقتصادی اجتماعی مربوطه همچون کاربری اراضی، زیرساخت‌ها، و غیره توسط روش (MCE) به ارزیابی مناطق مستعد توسعه شهری منطقه انجام شد.



شکل ۱. قابلیت جبران و ریسک روش ادغام خطی وزن داده شده (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸)



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

در راستای نیل به اهداف کلی، در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز مربوط به کاربری توسعه آبزی‌پروری تهیه و پس از تهیه کمبودهای اطلاعاتی و جمع‌آوری اطلاعات موجود، اقدام به تهیه یک پایگاه اطلاعاتی با انجام اصلاحات لازم صورت گرفت که تعدادی از این اصلاحات به شرح زیر بود:

۱- به هنگام ساختن اطلاعات، ۲- یکسان ساختن اطلاعات از نظر اندازه سلول، ۳- یکسان ساختن داده از نظر سیستم اطلاعات جغرافیایی، ۴- یکسان ساختن داده از نظر نوع داده و فایل.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

در ادامه به منظور ارزیابی چند متغیره منابع اکولوژیکی از روش (MCE) استفاده شده، که مراحل (MCE) به شرح زیر انجام گرفت:

۱- شناسایی و تعریف انواع لایه‌های موثر برای کاربری آبزی‌پروری (مدل‌سازی)،۲- تهیه لایه‌های اطلاعاتی برای کاربری آبزی‌پروری (تهیه پایگاه داده)، ۳-تعین وزن متغیرهای مدل (به روش وزن‌دهی سلسله مراتبی AHP)، ۴- ادغام لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده از توان منطقه برای کاربری آبزی‌پروری.

تهیه پایگاه داده

لازم است در ابتدا معیارهایی که بر اساس آن ارزیابی اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه باید شکل بگیرد، مشخص شود. این بخش بر عهده نظر کارشناسی و دانش تجربی می‌باشد در واقع کارشناس بر اساس میزان اهمیت موضوع، پارامترهای مؤثر در بیان استعداد واقعی منطقه را به عنوان ملاک تصمیم‌گیری در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) قرار می‌دهد (Katavic and Marmullah, 1987). در ادامه، لایه‌های رقومی (اکولوژیکی) مربوط به هر کاربری به اندازه منطقه مورد نظر آماده شد (جدول۱).

جدول ۱. فهرست لایه های اکولوژیکی

داده‌های اکولوژیکی	
مدل رقومی ارتفاع DEM	شیب دامنه
زمین شناسی	شبکه آبراهه
ذخایر آبی زیر زمینی (چشمه‌ها)	میانگین بارندگی سالانه
تراکم پوشش گیاهی	اقلیم
جهت دامنه	تراکم پوشش گیاهی
ذخایر آبی سطحی	شهرها و روستاها
فرسایش	مناطق حفاظت شده
سنگ	جاده‌ها
خاک	گسل

برای کلیه نقشه‌های مذکور سیستم مختصات[1] UTM و بیضوی مبنای[2] WGS84 استفاده شد. منطقه مورد مطالعه در زون[3] شماره ۴۰ شمالی واقع شده است.

فرآیند مدل سازی

برای شناسایی معیارها و پارامترهای مؤثر بر ارزیابی مناطق مستعد آبزی‌پروری، نقشه‌های اولیه مذکور مطابق مدل‌های حرفی زیر (جداول ۲ و ۳) در محیط نرم‌افزار ایدریسی آماده شد.

در روش (MCE) دو نوع لایه اطلاعاتی به نام لایه‌های بولین و لایه فازی (Fuzzy) استفاده شد. لایه‌های بولین دارای ارزش‌های صفر و یک هستند و نشان دهنده محدودیت‌های قطعی هستند، در حالیکه لایه‌های فازی (Fuzzy) و مشابه آن دارای دامنه‌ای از اعداد هستند و نشان دهنده امکان برقراری شرط‌های مختلف با درجات مختلف هستند.

1. Coordinate system
2. Datum
3. Zone

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

در ادامه بر اساس وزن‌دهی بر مبنای کاربرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عوامل و پارامترهای مورد نظر برای هر کاربری، لایه‌ها در محیط نرم افزار IDRISI با استفاده از ماژولی به همین نام، فازی (Fuzzy) شدند و در محدوده‌ای از صفر الی ۲۵۵ قرار گرفتند. این عدد هر چه به عدد ۲۵۵ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده مطلوبیت بالاتر است. باید برای هر کاربری پارامترهای مورد نظر را به صورت لایه‌های فازی (Fuzzy) اطلاعاتی در پایگاه داده ذخیره کرد و از آن‌ها برای ادغام لایه‌ها استفاده نمود. هر لایه خود دارای یک لایه بولین و یا (صفر و یک) نیز بود (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸).

جدول ۲. مدل حرفی آبزی‌پروری سردابی

داده‌های اکولوژیکی (فاکتورها)	داده‌های اکولوژیکی (محدودیت‌ها)
نقشه فازی طبقات سنگ	بافر ۱۰۰ متری از رود
نقشه فازی فاصله از رودخانه	بافر ۲۰۰۰ متری از مناطق حفاظت شده
نقشه فازی فاصله از آب زیر زمینی	بافر ۱۰۰ متری از شهر
نقشه فازی فاصله از مناطق شهری	بافر ۱۰۰ متر از روستا
نقشه فازی فاصله از جاده (۱۰۰تا۱۵۰۰۰متر)	بافر ۱۰۰ متری از جاده
نقشه فازی فرسایش	تراکم بالاتر از ۷۰ درصد جنگل
نقشه فازی شیب (تا ۱۵ درصد)	شیب بالای ۱۵ درصد
نقشه فازی طبقات ارتفاعی (۰ تا ۲۰۰۰ متری)	ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر
نقشه فازی طبقات جهت	جهت جنوبی

جدول ۳. مدل حرفی آبزی‌پروری گرمابی

داده‌های اکولوژیکی (فاکتورها)	داده‌های اکولوژیکی (محدودیت‌ها)
نقشه فازی طبقات سنگ	بافر ۱۰۰ متری رودخانه
نقشه فازی طبقات شیب	بافر ۲۰۰۰ متری از مناطق حفاظت شده
نقشه فازی فاصله از رودخانه (۱۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متری)	بافر ۱۰۰ متری از جاده‌ها
نقشه فازی فاصله از منابع آب زیر زمینی	بافر ۱۰۰ متری از مناطق شهری
نقشه فازی فاصله از مناطق شهری	بافر ۱۰۰ متری از مناطق روستایی
نقشه فازی فاصله از مناطق روستایی	تراکم بالاتر از ۷۰ درصد جنگل
نقشه فازی فاصله از جاده (۱۰۰ تا۱۵۰۰۰ متری)	شیب بالاتر از ۱۵ درصد
نقشه فازی فرسایش	جهت شمالی
نقشه فازی طبقات جهت	ارتفاع بیش از ۴۰۰ متری
نقشه فازی طبقات ارتفاع (۰ تا ۴۰۰ متری)	

(MCE) تا مرحله ادغام لایه‌های اطلاعاتی و به دست آوردن توان منطقه برای هر یک از زون‌ها پیش می‌رود. ما به همین منظور به دنبال تعیین پارامترهای مربوط به کاربری آبزی‌پروری، برای هر کدام از این پارامترها وزن تعریف می‌کردیم. که قبل از ادغام لایه‌ها باید به هر کدام از پارامترها بر طبق روش وزن‌دهی سلسله مراتبی (AHP) وزنی اختصاص داد. برای لحاظ این وزن‌دهی باید دانش اکولوژیکی را در مورد قیاس هر پارامتر در رابطه با هر کاربری در نظر گرفت که این کار توسط نرم‌افزار IDRISI قابل اجرا است.

در این تحقیق وزن دهی لایه‌ها بر اساس مقایسات زوجی در قالب AHP در محیط نرم افزار IDRISI ارائه گردید (Tsaur and Wang , 2007, Schreyer and Malczewesk, 2004).

مقایسات زوجی توسط گروه کارشناس خبره و نرم افزار IDRISI انجام شد. در این مرحله با توجه به عوامل مؤثر، ماتریس وزن جهت مقایسه تشکیل و عوامل مؤثر دوبه‌دو با هم مقایسه شدند. تمام مقایسات در تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجـام

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

پذیرفت. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت شفاهی استفاده کردند. این قضاوت‌ها در واقع مبدل به مقداری کمی بین صفر الی ۹ شد (اردکانی و همکاران، ۱۳۹۰) . برای تعیین درجه دقت و صحت وزن‌دهی از شاخص سازگاری استفاده می‌شود. چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد وزن‌دهی صحیح بوده است در غیر این صورت وزن‌های نسبی داده شده به معیارها بایستی تغییر یابند و وزن‌دهی مجدداً باید انجام گردد (قدسی‌پور، ۱۳۸۴).

در ایدریسی، ماژول WEIGHT از فن مقایسه جفتی برای وزن‌دهی به فاکتورها که مجموع آن یک (۱) می‌شود، استفاده می‌کند. فاکتورها به صورت دو به دو و بر اساس اهمیت نسبی آنها برای توسعه‌های در نظر گرفته شده (مانند توسعه مناطق مسکونی) مقایسه می‌گردند. پس از آن که تمام ترکیبات ممکن بین دو فاکتور مقایسه شد، ماژول وزن‌ها و نسبت توافق (Consistency) را محاسبه می‌کند. این نسبت تناقض در طول فرآیند مقایسه جفتی را نشان می‌دهد. این ماژول امکان اصلاح مجدد جفت‌های مقایسه شده و گزارش مربوط به وزن‌های جدید (جدول ۸) و نسبت توافق آن را فراهم می‌کند (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸).

جدول ۴. وزن‌دهی سلسله مراتبی AHP پارامترهای مختلف به منظور اجرای مدل MCE

نام لایه	رودخانه	آب زیر زمینی	طبقات سنگ	طبقات شیب	فرسایش	طبقات جهت	فاصله از مناطق شهری	فاصله از مناطق روستایی	فاصله از جاده	طبقات ارتفاع
وزن لایه	۰/۳۱۴۶	۰/۲۰۶۸	۰/۱۴۵۵	۰/۱۰۱۷	۰/۰۷۲۲	۰/۰۱۶۰	۰/۰۳۹۵	۰/۰۲۸۴	۰/۰۵۵۶	۰/۰۱۹۸

ضریب ناسازگاری: ۲٪

ارزیابی تناسب کاربری توسعه آبزی‌پروری با استفاده از روش MCE

آخرین مرحله در این تحقیق ادغام لایه‌های فازی (استاندارد شده) به همراه وزن نسبی لایه‌های فازی با لایه‌های محدودیت است (جداول ۹ و ۱۰). زمانی که وزن‌ها برای هر سلول محاسبه شد، تصویر حاصل یکبار دیگر در محدودیت‌های بولی ضرب می‌گردد تا مناطقی که نباید مورد محاسبه قرار گیرند، خارج گردند. تصویر نهایی، مربوط به محاسبه ترکیب مطلوبیت در محدوده صفر تا ۲۵۵ برای مناطقی است که محدودیتی برای توسعه ندارند. در این مرحله، لایه‌ها با استفاده از روش ادغام خطی وزن داده شده ادغام می‌شوند. در این مرحله نقشه نهایی تناسب کاربری توسعه آبزی‌پروری با حداقل ارزش سلول از (ارزش صفر) تا حداکثر ارزش (۲۵۵) قابل استخراج است که این لایه خود قابلیت reclassify (طبقه‌بندی مجدد) را نیز داراست. فرمول روش MCE به صورت زیر است (جدول ۱۱).

$$S = \sum_{i=1}^{n} Wi \times Xi \times Ci$$

S = تناسب برای زون مورد نظر ، wi= وزن هر یک از لایه ها ، ci= لایه بولین، که محدودیت نامیده می شود، xi= لایه فازی، که فاکتور نامیده می شود.

تهیه نقشه شاخص پوشش گیاهی

به منظور تهیه این نقشه از شاخصی به نام NDVI استفاده شده که این شاخص با عملیات جبری میان باندهای قرمز و مادون قرمز سنجنده TM ماهواره لندست متعلق به سال ۲۰۱۰ میلادی محاسبه گردید. دامنه ارزش‌های منطقه مورد مطالعه بین صفر تا ۱۰۰ درصد نوسان دارد. ارزش‌های بالا در تصویر، شاخص پوشش‌های گیاهی مناطق با تراکم پوشش گیاهی بالاتر و ارزش‌های منفی نواحی فاقد پوشش گیاهی (آب، خاک، رطوبت و غیره) را بازگو می‌کند. در ادامه از مناطق با تراکم بیش از ۷۰ درصد پوشش گیاهی به عنوان یک لایه محدودیت در مدل MCE استفاده شد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

نقشه رودخانه و آب‌های زیر زمینی

نقشه رودخانه‌های اصلی نیز به دنبال اهمیت فراوان در مکان‌یابی صحیح آبزی‌پروری و نقش پر اهمیت آب در این کاربری، به واسطه قابلیت گسترده نرم افزارهای وابسته به GIS در محیط نرم‌افزار ArcGIS و در حوضه‌های مختلف مورد مطالعه، تهیه گردید. از آبهای جاری موجود در منطقه (شاه‌راه‌های اصلی رودخانه ها) Distance گرفتیم. فاصله استخرهای پرورش ماهی گرمابی و سردابی از بافر ۱۰۰ متری رودخانه ها شروع شده و در فاصله ۱۵ کیلومتری رودخانه این تناسب به صفر می‌رسد و به صورت نزولی مطابق این فاصله فازی گردید.

یکی دیگر از منابع تأمین آب مورد نیاز به منظور آبزی‌پروری گرمابی و سردابی آب‌های زیرزمینی می‌باشند که به همین منظور، عمق چاه‌های آب بر اساس میانگین داده‌های ۲۳ سال گذشته «سازمان آب منطقه استان گلستان» تا سال ۱۳۸۹ در محیط ایدریسی میان‌یابی و با افزایش عمق هر حلقه چاه این لایه به صورت صعودی فازی گردید.

نقشه مناطق حفاظت شده

مناطق حفاظتی در محدوده مورد مطالعه شامل منطقه حفاظت جهان‌نما با مساحت ۳۰۶۵۰ هکتار در ارتفاعات جنوب گرگان و جنوب شرق کردکوی در رشته کوه البرز هستند. تالاب‌های آلاگل با مساحت ۲۵۰۰ هکتار در زمان پرآبی و آجی‌گل با مساحت ۲۰۷ هکتار و اولما گل واقع در دشت ترکمن صحرا در نزدیکی مرز ایران و ترکمنستان در بخش داشلی برون، محیط‌های آبی حفاظت شده منطقه هستند. به همین منظور این مناطق به همراه بافری ۲۰۰۰ متری از آنها به عنوان لایه محدودیت در مکان‌یابی پرورش ماهی منظور گردید.

نقشه فاصله از مناطق شهری و روستایی

شهرهای کوچک و کلان به همراه روستاهای متعدد موجود در منطقه نیز از نقشه کاربری اراضی استان گلستان استخراج گردید و فاصله ۱۰۰ متری از حاشیه شهرها و روستاها به عنوان محدودیت در مکان‌یابی آبزی‌پروری در نظر گرفته شد و در ارزیابی نهایی در کنار سایر پارامترها دخالت داده شد.

نقشه شبکه جاده‌ها

جاده‌های آسفالته، بزرگراه‌ها، راه آهن و موقعیت شهرهای مذکور، به واسطه نقشه کاربری اراضی استان تهیه شده به وسیله اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، در محیط ایدریسی آماده گردید و نقشه فازی فاصله نقاط مناسب برای آبزی‌پروری گرمابی از جاده، از بافر ۱۰۰ متری جاده‌ها شروع شده و تا ۱۵ کیلومتری به صورت کاهشی ادامه پیدا می‌کند. همچنین محدوده ۱۰۰ متری از جاده‌ها به عنوان یک محدودیت تهیه گردید. میزان تناسب طبقات مختلف برای توسعه آبزی پروری بر اساس روش مخدوم (۱۳۸۷) به دست آمد.

نتایــج

به منظور ارزیابی تناسب کاربری توسعه آبزی‌پروری نقشه های شیب، ارتفاع، زمین شناسی، تراکم پوشش گیاهی، منابع آب زیرزمینی، شبکه آبراهه و سایر لایه‌ها ترسیم شد که تصویر دو لایه شیب و ارتفاع در شکل ۳ قابل مشاهده است.

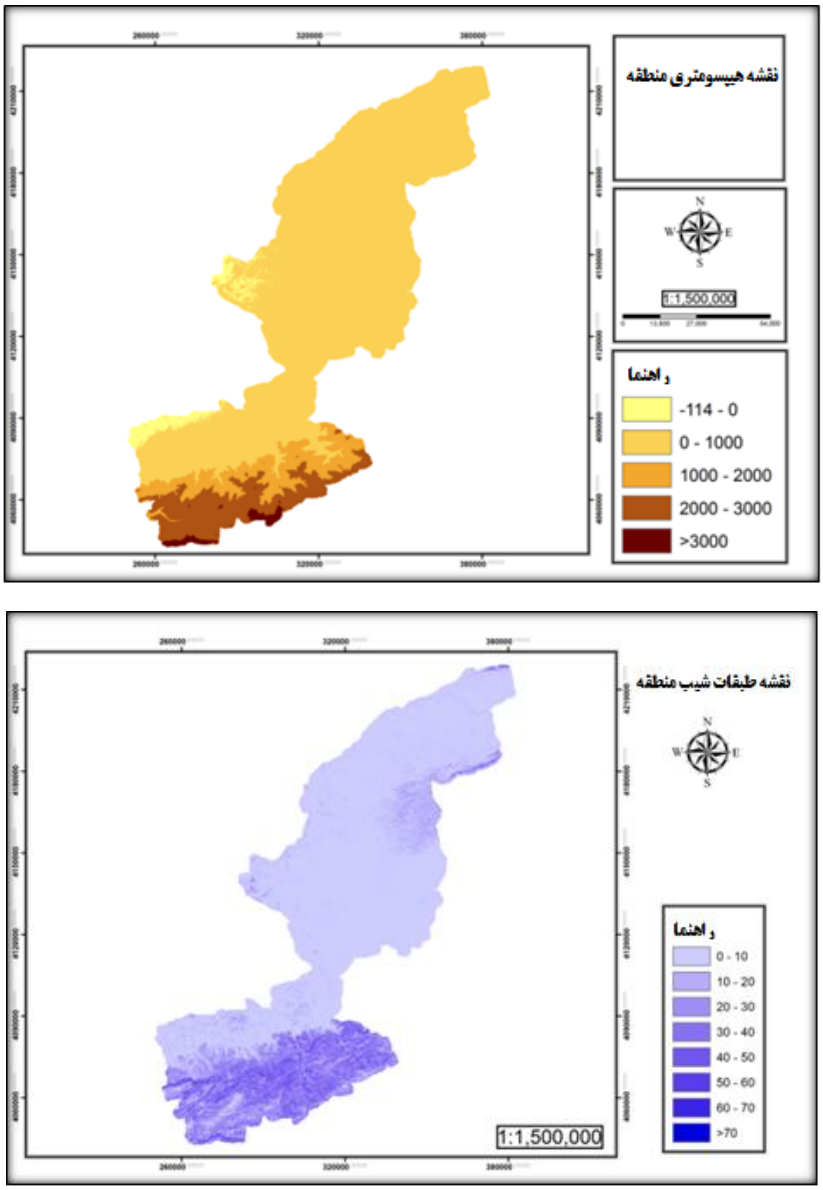
تناسب لایه خاک در سه طبقه توان (تناسب کم (۱)، تناسب متوسط (۲) و تناسب بالا (۳)) فازی گردید. نقشه سنگ در سه طبقه توان (تناسب کم (۱)، تناسب متوسط (۲)، تناسب بالا (۳)) به صورت صعودی فازی گردید.

مطابق مدل حرفی مربوط به مکان‌یابی آبزی‌پروری، بهترین مناطق به همین منظور در شیب‌های (۱۵-۰ درصد)، محدوده‌ی ارتفاعی بین (۴۰۰-۰ متر برای آبزی‌پروری گرمابی) و (۲۰۰۰-۰ متر برای آبزی‌پروری سردابی)، جهت‌های (شمالی و بدون

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

جهت برای آبزی‌پروری سردابی) و (جنوبی و بدون جهت برای آبزی‌پروری گرمابی)، کمترین مقدار فرسایش آبی و بادی در منطقه، فواصل نزدیکتر به بافر ۱۰۰ متری از کاربری‌های شهری و روستایی و همچنین رودها، نقاط عمیق‌تر چاه‌ها منطقه، خاک عمیق‌تر و غیر قابل نفوذ و دارای ساختمان ریزدانه‌ای و احتمالاً منشوری (از جمله پروفیل خاکی شنی رسی، شنی رسی لومی، لای رسی لومی، رسی لومی و غیره) و نهایتاً در شرایط عدم حضور لایه نمکی، زغال سنگ یا آهکی در لایه زیرین سنگ مادر بیان می‌گردد. مطابق این تعاریف بعد از ادغام نقشه‌ها و بررسی و تجزیه و تحلیل ارزش‌های منطقه بر اساس حضور و عدم حضور عوامل افزاینده و کاهنده تناسب، لکه‌های تناسب اراضی به منظور آبزی‌پروری گرمابی و سردابی به شرح زیر شناسایی شدند. از کل منطقه مورد مطالعه در دو کاربری آبزی‌پروری گرمابی و سردابی شاهد سه طبقه تناسب به دست آمد (شکل ۴، جدول ۵).



شکل ۳. نقشه های شیب و ارتفاع استان گلستان

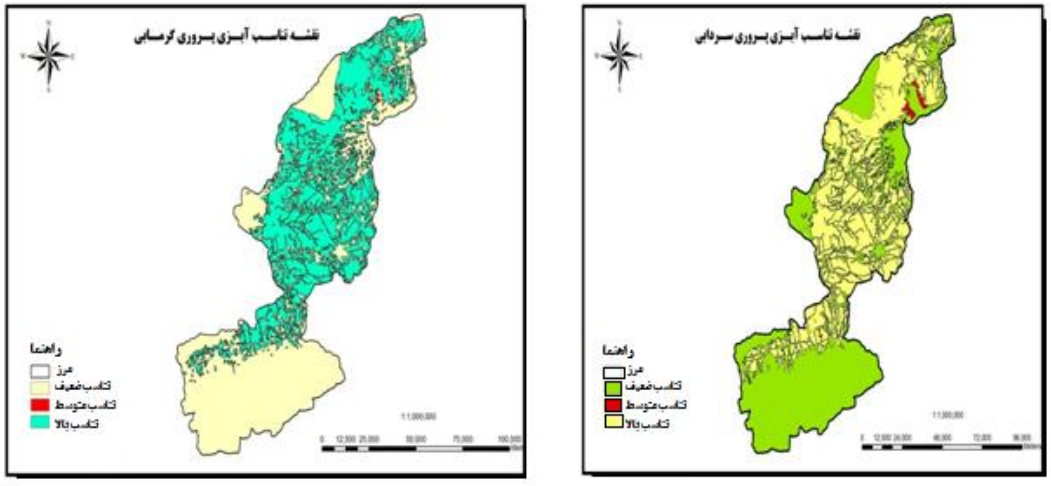
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

با استفاده از مشاهدات میدانی و تطابق داده‌های نقشه و واقعیت اراضی، نقاط مستعد آبزی‌پروری مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بازگو کننده مطابقت نیازهای آبزی‌پروری در منطقه با ویژگی‌های دیکته شده در منطقه است و در مقیاس مطالعاتی متفاوت این مدل برای بررسی‌های دقیق‌تر قابلیت فراوان دارا می‌باشد.

جدول ۵. طبقات تناسب آبزی‌پروری گرمابی و سردابی

درجه تناسب طبقه	آبزی‌پروری گرمابی (مساحت هر طبقه به هکتار)	آبزی‌پروری سردابی (مساحت هر طبقه به هکتار)
تناسب ضعیف	۴۸۵۵۱۹	۴۶۹۶۷۵
تناسب متوسط	۹۹۸	۶۱۳۴
تناسب بالا	۴۰۸۳۹۷	۴۱۹۱۱۱



شکل ۴. نقشه تناسب اراضی آبزی‌پروری گرمابی و سردابی در استان گلستان

بحث

نتایج بازگو کننده حضور اطلاعات مورد نیاز در توسعه پروژه‌های آبزی‌پروری در محدوده‌ی شهرهای علی‌آباد، گنبد و گرگان و مکان‌یابی دقیق‌تر این کاربری است. با بهبود کیفیت و دقت داده‌ها از جمله مدل رقومی ارتفاع با اندازه پیکسل مناسب و نقشه سنگ و خاکشناسی با دقت و مقیاس مناسب، داده‌های مربوط به کیفیت آب (دمای آب، میزات اسیدیته آب و شوری) و غیره همواره می‌توان مناسبترین پهنه‌های آبزی‌پروری (گرمابی و سردابی) در منطقه را با دقتی فزاینده شناسایی کرد. نتایج حاکی از آن است که محدوده این شهرستان‌ها دارای توان مناسب برای گسترش استخرهای آبزی‌پروری در مقیاس تجاری و بدون محدودیت جدی ناشی از نبود متغیرهای اساسی است. از دیگر یافته‌های این تحقیق آن است که از نقطه نظر آبزی‌پروری در مقیاس تجاری، نزدیکی استخرها به جاده عامل مهمی در رسیدن آسان محصول به بازارهای شهری است (Katavic and Marmullah, 1987).

همچنین پارامترهای شیب، جهت، ارتفاع، سنگ، خاک، مناطق تحت حمایت، تالاب‌ها، حساسیت خاک به فرسایش و فاصله از منابع آبی به عنوان عواملی مورد استفاده قرار گرفتند که می‌توان امیدوار بود با استفاده از این پارامترها و دیگر محددودیت‌های استقرار استخرهای پرورش ماهی دیگر می‌توان به بهترین شکل مکان‌یابی مناطق مستعد آبزی‌پروری را عملی ساخت. به هر

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]

حال این محدوده‌بندی بر اساس شاخص‌هایی مطابق نظریات کارشناسی و اطلاعات موجود تبیین شدند و به منظور راحتی بیان درجه تناسب برای مدیریت بهتر، سه طبقه تناسب (ضعیف، متوسط و بالا) به همین منظور در نظر گرفته شد.

پیشنهاد می‌شود جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، از تصاویر هوایی و ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالاتر استفاده گردد. جهت افزایش دقت در انتخاب مناسب‌ترین پهنه‌های توسعه آبزی‌پروری بهتر است از داده‌های به روز مدل رقومی ارتفاع با اندازه پیکسل مناسب، نقشه سنگ و خاکشناسی با دقت و مقیاس مناسب و داده‌های مربوط به کیفیت آب (دمای آب، میزات اسیدیته آب و شوری) استفاده گردد. با توجه به نقش برجسته داده‌های اقتصادی- اجتماعی در طرح‌های ارزیابی سرزمین و نبود داده‌های کافی به این منظور، پیشنهاد می‌گردد که در جهت مطالعات جامع اقتصادی اجتماعی در سطح منطقه‌ای برنامه‌ریزی گردد. با توجه به حضور مناطق حفاظتی غنی از گونه‌های حیات وحش در منطقه، پیشنهاد می‌گردد که توسعه آبزی‌پروری در آینده به دور از این مناطق برنامه‌ریزی شود.

منابـع

اردکانی، ط.، دانه‌کار، ا.، کرمی، م.، عقیقی، ح.، رفیعی، غ.، عرفانی، م. ۱۳۹۰. زون‌بندی خلیج چابهار با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند متغیره جهت کاربری تفرج متمرکز. فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین. سال اول، شماره ۱، صفحات ۲۰-۱.

بنافی، م.، کمالی، ا.، ماهینی، ع.، کیابی، ب. ۱۳۸۶. مکان‌یابی پرورش ماهی سردابی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در استان گلستان. مجله علمی شیلات ایران. سال شانزدهم، شماره ۴، صفحات ۱۰-۱.

شکوئی، ح. ۱۳۸۵. جغرافیای کاربردی و مکتب‌های جغرافیایی. انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۰۸ ص.

قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۴. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران). ۲۲۰ ص.

ماهینی، ع. کامیاب، ح. ۱۳۸۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ادریسی. انتشارات مهر مهدیس. ۵۸۲ ص.

مخدوم، م. ۱۳۸۷. شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۹ ص.

مخدوم، م.، درویش‌صفت، ع.، جعفرزاده، ه.، مخدوم، ع. ۱۳۸۴. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۴ ص.

Beinat, E., Nijkamp, P. 2001 .Land use management and the path towards sustainability. Multi-critria analysis for land-use management. Published by Kluwer Academic Publisher, P.O. Box 17, 3300 AA Dordecht, The Netherlands. pp. 1-13.

Eastman, J.R., Jin, W., Kyem, P., Toledano, J. 1998. Multi-criteria and multi-objective decision macking for land allocation using GIS. Multi-Critria Analysis For Land-Use Management. Published by Kluwer Academic Publisher, P.O. Box 17, 3300 AA Dordecht, The Netherlands. pp. 227-251.

Katavic, I . Marmullah, G., 1987. Mission report for pilot project in Tuzla Lagon (Turkey). Map technical reports. Seties No 15. pp. 47-49.

Patrono, A. 2004. Multi-critria analysis and geographic information system: analysis of natural areas and ecological distributions. Multi-critria analysis for land-use management. Published by Kluwer Academic Publisher, P.O. Box 17, 3300 AA Dordecht, The Netherlands. pp. 271-292.

Schreyer, A. Malczeweski, J. 2004. Multicriteria evalution using analytical hierarchy process and ordered weighted averaging. www. AHP.

Tsaur, S.H., Wang, CH.H. 2007. The evalution of sustainable tourism development by analytic hierarchy process and fuzzy set theory: an empirical study on the Green Island in Taiwan. Asia Pacific Journal of Tourism Research. 12(2): 127-145.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.3.7.2]