سنجش پایداری اکولوژیکی زیستگاه‌های جانوری در حوضه‌ی آبخیز بابل رود

محمدعلی جعفری [۱*]، بتول غفاری خواه[۲] ، امیر احمدی[۳]

*۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشگاه علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۲- کارشناس ارشد محیط زیست – تنوع زیستی، دانشگاه شهید بهشتی ، تهران

۳- دکترای منابع طبیعی ، بانک کشاورزی لرستان

*ایمیل نویسنده مسئول:mohammad.ali7896@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۸/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۶/۱۱

چکیده

پایداری هر سیستمی به بقاء و پایداری اجزاء تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد. حفاظت از محیط‌زیست به‌عنوان بستر توسعه، پایداری آن را تضمین می-کند. ارزیابی توان بوم‌شناختی یکی از ضرورت‌های اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین و پیش‌نیاز اصلی نیل به توسعه پایدار به شمار می‌آید که طی آن قابلیت‌های محیطی برای توسعه بر پایه نوع کاربری و فعالیت‌های مختلف مشخص می‌شود. هدف از این مطالعه سنجش پایداری اکولوژیکی زیستگاه‌های جانوری در حوضه‌ی آبخیز بابل رود با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و ارزیابی توان اکولوژیک مخدوم در محیط GIS و بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert Choice است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد از مجموع سطوح واجد توان برای کاربری زیستگاه جانوری درروش مخدوم، در پنج طبقه (کلاس)، رده‌بندی‌شده است. درحالی‌که درروش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) محدوده موردمطالعه در چهار طبقه (کلاس)، رده‌بندی‌شده‌اند. در این بخش مشخص گردید که طبقه خیلی ضعیف برای زیستگاه جانوری این حوضه وجود ندارد. در کل نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مدل توان اکولوژیک مخدوم به‌عنوان پشتیبان تصمیم‌گیری بوده و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، با توجه به شرایط محیطی، مدل مناسبی برای ارزیابی توان اکولوژیکی زیستگاه‌های جانوری در حوضه‌ی آبخیز بابل رود است.

واژگان کلیدی

"توان اکولوژیک"، "حوضه‌ی آبخیز بابل رود"، "سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)"، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، "بابل".

Ecological Sustainability Assessment of Animal Habitats in Babol Rood Watershed

Mohammad Ali Jafari [1, *] Batoul Ghafarikhah[2] , Amir Ahmadi[3]

*1 . Master of Science (MSc) in Environmental Sciences, Department of Science and Research Branch Islamic Azad university

*Email Address: mohammad.ali7896@yahoo.com

ABSTRACT

The stability of any system depends on the survival and stability of its constituents. Environmental protection as a development platform, which guarantee the stability. Evaluation of ecological capability is one of the essential requirements in planning and management of land and the main prerequisite for achieving sustainable development is the environmental capability for development based on different types of land uses and activities. The aim of this study was to assess the ecological sustainability of animal habitats in the catchment area of Babylon is using Analytical Hierarchy Process (AHP) and evaluation of ecological served in GIS environment and utilizing the Nrm¬Afzar¬ Expert Choice. Whereas, in the AHP process, the study area is classified into four classes (classes). In this section we found that the floor of this basin is too weak for animal habitat. In this section it was found that there is no very poor floor for the habitat of the basin. Overall, the results of the present study showed that the Makhdoom Ecological Power Model is the decision support and the Hierarchical Analysis Process (AHP) method, considering the environmental conditions, is a suitable model for assessing the ecological potential of animal habitats in Babol Rood Watershed.

key words

'ecological potential", "Babol Rood Watershed", "Geographic Information System (GIS)", "Hierarchical Analysis Process (AHP)", "Babol".

مقدمه

مازندران ازنظر نوع زمین زیر کشت و محصولات کشاورزی، به دو منطقه جلگه‌ای و منطقه کوهستانی تشکیل‌شده است. در استان مازندران زیستگاه‌های گوناگون و متنوعی وجود دارد. ازجمله: جنگل‌های سرسبز، کوه‌ها، تپه‌ماهورها، مراتع، درختزارها، رودخانه‌ها اراضی جلگه‌ای ساحلی و انواع اکوسیستم‌های ساخته‌شده توسط دست بشر وجود دارد که گونه‌های مهم و باارزشی از گیاهان و جانوران را در خود جای‌داده‌اند. انسان امروزی برای پیشگیری از فقر و نابودی سرزمین، بایستی همواره با طبیعت حرکت کرده و از سرزمین، به‌اندازه توان یا پتانسیل تولیدی آن بهره‌برداری کند. علاوه براین، نوع استفاده از زمین را بر اساس توان کاربری سرزمین بنا کند و نیازهای اقتصادی و اجتماعی بشر را با توجه به توان سرزمین برآورد سازد (مخدوم، ۱۳۸۰). بی‌توجهی به مسئله قابلیت و تناسب اراضی، موجب اختلال در عملکرد صحیح و عادی بسیاری از آبخیزهای جهان شده است (گریگسن[1] و همکاران، ۲۰۰۹). بهره‌وری مطلوب و مدیریت مناسب منابع تجدیدشونده که ماهیتی دینامیک دارد، نیازمند ارزیابی و طبقه‌بندی توان اکولوژیک محیط و شرایط اقتصادی_اجتماعی جامعه وابسته به آن‌هاست (مردای و همکاران، ۱۳۸۶). چراکه دستیابی به توسعه پایدار و استفاده بهینه و کارا از منابع، درگرو شناخت جامع و دقیق از امکانات، توان‌ها و محدودیت‌هایی است که دررسیدن به وضع مطلوب با آن مواجهیم (کیانی و همکاران، ۱۳۸۸). در این راستا، کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور، نقش مهمی دررسیدن به توسعه‌ی پایدار به‌ویژه در مناطق روستایی دارد (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۲). از طرفی توسعه و حفظ توازن بوم-شناختی زمانی محقق خواهد شد که از سرزمین به‌تناسب قابلیت‌ها و توانمندی‌های آن استفاده گردد زیرا الگوی نامناسب استفاده از سرزمین و تغییرات شدید در کاربری زمین باعث پیدایش بحران‌های محیط‌زیستی ازجمله تخریب و آلودگی منابع آب‌وخاک، پیشروی روبه گسترش بیابان‌ها، فرسایش خاک، شور و اسیدی شدن آن، تهی شدن منابع و کاهش تنوع زیستی و استعداد و قابلیت بهره‌وری سرزمین گردیده که با خروج از موارد توسعه پایدار، فعالیت‌های تولید نه‌تنها نسل‌های آینده بلکه نسل فعلی را نیز به‌شدت تحت تأثیر قرار خواهد داد (پرچیانلو و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین، تمرکز بر استعدادهای مختلف چشم‌اندازها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در این زمینه اشتباه درکاربری‌زمین می‌تواند منابع یک منطقه را به خطر اندازد (Ogden, 2007). چراکه هر منطقه دارای توانمندی‌ها و تنگناهایی در زمینهٔ زیستگاه جانوری است. ازاین‌رو شناخت و تحلیل آن‌ها می‌تواند در جهت توسعه محدوده‌های حفاظت‌شده مؤثر واقع شود (York, 2005). کاربری پوشش جنگل به‌منزله فعالیتی که به‌طور تنگاتنگ با محیط سروکار دارد، برای داشتن کارایی بالاتر و تناسب بیشتر با محیط‌زیست، نیازمند شناسایی علمی روزافزون توان محیطی است (محمدی و گیوی، ۱۳۸۰). لذا پهنه‌بندی اکولوژیکی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی منابع اراضی، برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر از منابع اراضی مورداستفاده قرار گیرد (FAO, 2002). به‌طوری‌که اولین بار این واژه توسط فائو در اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی مطرح شد و سپس در سال ۱۹۹۶ به‌صورت نشریه شماره ۷۶ فائو به‌صورت راهنمای بین‌المللی در اختیار همگان قرار گرفت (FAO, 1996). ازاین‌رو، طبقه‌بندی تناسب اراضی بر اساس اطلاعات محلی برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی (ارزیابی توان اکولوژیک) لازم و حیاتی است (Sicat et al, 2005). درواقع پهنه‌بندی مناطق مناسب برای فعالیت‌های زیست‌محیطی به کمک فرآیند آمایش سرزمین راهی برای رسیدن به توسعه پایدار به‌منظور بهره‌برداری مناسب و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست است (مخدوم، ۱۳۸۰). چراکه فرآیند آمایش سرزمین شامل استفاده از مدل‌های ریاضی در ارزیابی توان اکولوژیکی و به‌کارگیری روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] (AHP) در تعیین وزن و اهمیت نسبی با نرم-افزارهای GIS است (بابایی و همکاران، ۱۳۸۵). در همین راستا یکی از روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک برای کاربری‌های زیست‌محیطی استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره است. بیشترین کاربری تحلیل سلسله مراتبی در تصمیم‌گیری چندمعیاره، برنامه‌ریزی، تخصیص منابع و حل مسائل است. قضاوت‌های مقایسات زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای زوج‌های عناصر همگون، بکار برده می‌شود (Saaty, 2006). روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی[3]، امکان تسهیل ترکیب داده‌های مکانی را برای تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی در مورد معیارهای تأثیرگذار بر یک مبحث مهم را فراهم می‌سازد؛ بنابراین کاربرد مدل‌های چند متغیره مکانی در فرآیند ارزیابی توان زیست‌محیطی سرزمین می‌تواند فضای تصمیم‌گیری آن را بهتر و مطلوب‌تر سازد (Chen et al,2009). از طرفی قابلیت‌ها و پتانسیل‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی[4] (GIS) در تحلیل زمانی و مکانی داده‌های زمینی بر هیچ‌کس پوشیده نیست. استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه تناسب اراضی برای یک محصول خاص، الگو توزیع مناسب بودن آن محصول را برای هر واحد نقشه در واحدهای اراضی نشان می‌دهد (سرمدیان و همکاران، 2003). لذا GIS ابزار قدرتمندی در آنالیزهای آمایش سرزمین است (Loi & Tuan, 2008) که با تلفیق AHP و GIS مزیت‌های بسیاری در جهت مکان‌یابی و پهنه‌بندی برای انواع کاربری‌ها و ارزیابی‌های زیست‌محیطی به دست می‌آید که می‌توان از این طریق مناطق مناسب و نامناسب به‌منظور فعالیت‌های زیست‌محیطی و منابع طبیعی را تعیین نمود (فرجی‌سبکبار، ۱۳۸۴). محیط‌زیست، مجموع‌های از منابع انرژی، مواد بیجان (آب، خاک و هوا) و موجودات جاندار (گیاه، جانور، انسان) است که این سه عامل پیوسته در ارتباط با یکدیگر بوده و در جهت بقای محیط‌زیست لازم و ملزوم یکدیگرند. محیط‌زیست از دیدگاه کارشناسان حفظ محیط‌زیست، به دو نوع طبیعی و انسانی طبقه‌بندی می‌شود. فرق محیط‌زیست انسانی با طبیعی در میزان دخالت انسان و در چگونگی تشکیل آن است. اصل اول در حفاظت، بهبود و بهسازی محیط‌زیست، برقراری تعادل بین عوامل تشکی دهنده آن است. محیط‌زیست وقتی در حال تعادل است که عوامل تشکی دهنده آن ازنظر کمی، کیفی و ارتباطی در شرایط مناسب قرارگرفته باشند. هرگونه تغییر در هر یک از عوامل فوق بدون شک باعث تغییر در سایر عوامل شده که نهایتاً موجب برهم خوردن تعادل و تغییر تناسب محیط‌زیست می‌گردد. آنچه موجبات عدم تعادل محیط‌زیست را فراهم آورده و یا آن را تهدید می‌نماید به‌طورکلی در

1 .Grygsn

2 .Analytical Hierarchy Process

3. SMCDM

4 .Geographic Information System

قالب تخریب یا آلودگی ظاهرشده است که به سه دسته فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می‌شوند. منشأ تخریب یا آلودگی‌های زیست‌محیطی، مصنوعی، انسان و عملکردهای وی در محیط‌زیست است که امروزه به‌عنوان معضلات زیست‌محیطی مطرح می‌گردد (Sievers, 2017). ازاین‌رو، هدف اصلی تحقیق حاضر، ارزیابی توان اکولوژیک کاربری زیست‌محیطی در حوضه آبخیز بابل رود با مدل حرفی اکولوژیک مخدوم و تکنیکGIS است. در مرحله بعد، نتایج حاصل با نتایج ارزیابی با تکنیک تلفیقی AHP_GIS مقایسه شد.

با توجه به مباحث مطرح، این پژوهش اهدافی را به شرح زیر دنبال می‌نماید:

- ✓ بررسی پارامترهای مؤثر طبیعی و اقلیمی در پهنه‌بندی توان محیطی حوضه‌ی آبخیز بابل رود،
- ✓ پهنه‌بندی توان اکولوژیکی-زیستی حوضه‌ی آبخیز بابل رود با مدل توان اکولوژیک و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)،
- ✓ مقایسه تطبیقی کار آیی مدل توان اکولوژیک و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای ارزیابی توان توسعه زیست‌محیطی.

پیشینه‌ی پژوهش

نتایج برخی پژوهش‌های داخلی مرتبط

گودرزی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی تحت عنوان ویژگی‌های بوم‌شناختی زیستگاه زادآوری سمندر لرستان در مقیاس محلی به این نتیجه دست‌یافته‌اند که تغییر ساختار زیستگاه این‌گونه به‌شدت می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن و درنهایت احتمال اشغال سایت توسط گونه تأثیر بگذارد. این اطلاعات علاوه برافزایش آگاهی مدیران در برنامه‌ریزی‌های حفاظت، می‌تواند مبنایی برای طرح‌ریزی مطالعات دقیق‌تر در مورد بوم‌شناسی زیستگاه این‌گونه باشد. کرمی و حسینی نصر (۱۳۹۲)، به ارزیابی توان اکولوژیک حوضه آبخیز بابل رود جهت کاربری مرتع‌داری با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته و نتایج نشان داد که ۷۸/۹۴ درصد از سطح منطقه برای مرتع‌داری فاقد توان است. مطیعی لنگرودی و همکاران (۱۳۹۱)، به مدل‌سازی توان اکولوژیک سرزمین با رویکرد توسعه زیستی محیطی با استفاده از روش (Fuzzy AHP) در محیط (GIS) در شهرستان مرودشت پرداخته‌اند. محقق در این پژوهش با تلفیق مدل اکولوژیکی دکتر مخدوم با منطق فازی ۷ طبقه توان زیست‌محیطی برای منطقه موردمطالعه تعیین کرده است. همچنین در پژوهشی دیگر، نصیری و همکاران (۱۳۹۱)، به پیاده‌سازی مدل اکولوژیکی منطقه مرودشت با استفاده از معیارهای (نوع پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، اقلیم، ارتفاع، شیب، فرسایش خاک، زهکشی خاک و بافت خاک) و رویکرد تلفیقی (PROMETHEE II) و (Fuzzy AHP) در محیط (GIS) اقدام کرده‌اند. فلاح‌میری و همکاران (۱۳۸۷)، درپژوهای به‌عنوان پهنه‌بندی توان اکولوژیک حوزه معرف کسیلان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به این نتیجه رسیدند که منطقه موردمطالعه بر اساس مدل اکولوژیک فاقد توان برای کاربری زیست‌محیطی است. کیانی و همکاران (۱۳۸۸)، به ارزیابی توان اکولوژیک محیط برای تعیین مناطق مستعد زیستی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در بخش مرکزی شهرستان‌کیار اقدام کرده و با استخراج یگان‌های زیست‌محیطی و سنجش آن‌ها با مدل اکولوژیک، مناطق مستعد برای کاربری زیست‌محیطی تعیین کردند. کرمی و همکاران (۱۳۸۹)، به پهنه‌بندی حوضه آبخیز بابل رود برای کاربری زراعی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداخته و نتایج نشان داد که منطقه توان درجه۱ کشاورزی ندارد. نوری و همکاران (۱۳۸۹)، به ارزیابی توان اکولوژیک برای تعیین مناطق مستعد اکولوژیکی را به روش تجزیه و تحلیل سیستمی در محیط (GIS) انجام دادند.

روش تحقیق

الف. مدل ارزیابی اکولوژیکی مخدوم (ایران)

مدل‌سازی به معنای ساده‌سازی واقعیت است (Ford, 1999). که همراه با شبیه‌سازی و با گسترش سریع اطلاعات جغرافیایی، به برنامه‌ریزی کمک می‌کند (Birkin et al, 1996) و برای تجزیه‌وتحلیل و به‌ویژه پیش‌بینی توان کاربری اراضی، ضروری است. باید اذعان کرد که کاربرد مدل به‌عنوان پشتیبان تصمیم‌گیری، در مقایسه کاربری‌ها و کارکردهای توسعه‌ای نیز می‌تواند سهم مهمی در انتخاب مدل داشته باشد. در ایران ارزیابی و طبقه‌بندی سرزمین از مقایسه بین ویژگی‌های اکولوژیکی واحدهای محیط‌زیستی و مدل-های اکولوژیکی حرفی و ریاضی انجام می‌شود (جوانمردی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از مدل‌های حرفی کاربری اراضی، مدل اکولوژیک است که شامل هفت‌طبقه توان محیطی است. طبقات ۵، ۶ و ۷ نمایشگر اراضی با توان بالا برای فعالیت اصلی زیست‌محیطی است (مطیعی لنگرودی و همکاران، ۱۳۹۱).

ب. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

این روش که از مهم‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره-(MCDM)[1] است، اولین بار توسط توماس ساعتی (۱۹۸۰) برای تخصیص منابع کمیاب و نیازهای برنامه‌ریزی معرفی شد (Saaty, 1994). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تحلیل سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مسئله پیچیده واقعی است که در رأس آن هدف کلی مسئله (فقط یک عنصر) و در سطوح بُعدی معیارها و گزینه‌ها قرار دارند. در این الگو عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه می‌شوند تا با تلفیق وزن آن‌ها، وزن نهایی هر گزینه مشخص شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شامل چندین مرحله است: ایجاد درخت سلسله مراتبی، انجام مقایسات زوجی، محاسبه وزن اجزاء ساختار و گزینه‌ها و اندازه‌گیری شاخص سازگاری (قدسی پور، ۱۳۸۵). در این روش کارشناسان و افراد خبره قضاوت‌های مقایسه‌ای زوجی ساده‌ای را از طریق سلسله‌مراتب ایجادشده تا رسیدن به اولویت‌هایی برای تمامی گزینه‌ها انجام می-دهند (کرتی، ۲۰۰۱).

جدول ۱. مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر و یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸ و ٦، ٤، ۲	ترجیحات بین فواصل فوق

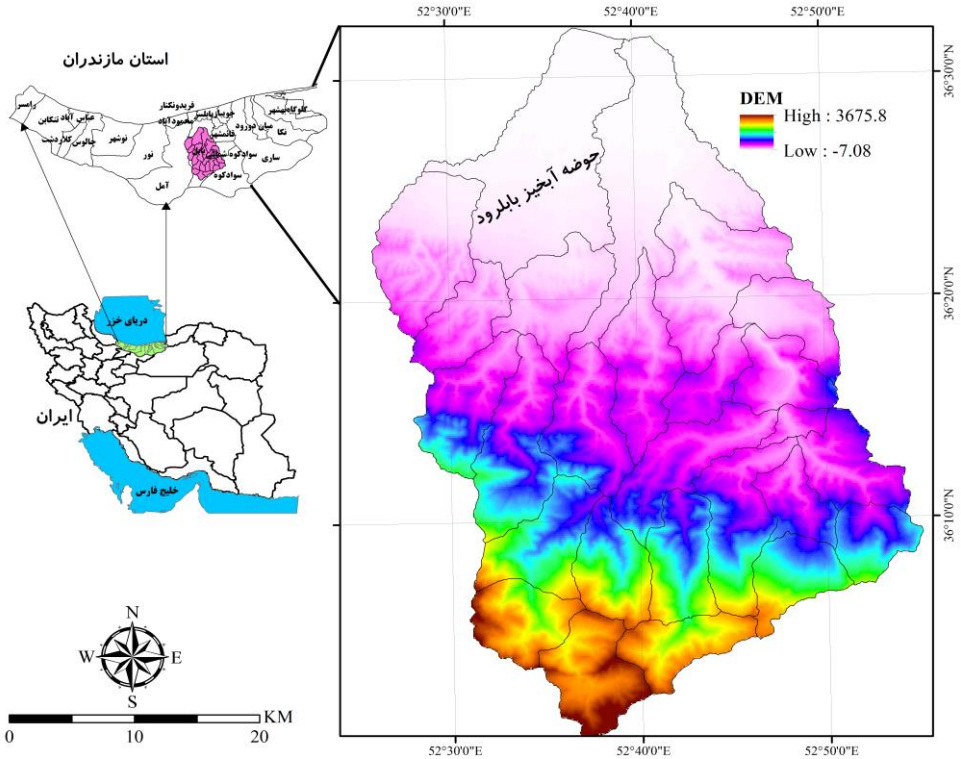
منبع : (قدسی پور، ۲۰۱۰).

1 .Multiple Criteria Decision Making

در این مطالعه به‌منظور ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین به‌منظور تعیین توان منطقه برای جانوران از روش AHP استفاده شد. AHP، یک روش مؤثر و سودمند برای حل مسائل چندمعیاره است که از یک ساختار سلسله مراتبی برای نشان دادن مسئله و حل بهتر آن و بعد اولویت‌بندی می‌کند (Toledo & Aceves, 2011). این فرآیند، گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده، امکان تحلیل حساسیت بر معیارها و زیر معیارها را دارد. از دیگر مزایای مهم این فن، آشکارسازی میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم‌گیری، شناسایی و اولویت عناصر تصمیم‌گیری است (بیگلو، ۱۳۸۷). باوجود مزایای زیاد روش تحلیل سلسله مراتبی اشکالاتی مانند ابهام در معنای اهمیت نسبی یک عنصر از سلسله‌مراتب، تصمیم به هنگام مقایسه با عنصر دیگر، تعداد مقایسه‌ها در مسائلی با اندازه بزرگ و استفاده از مقیاسی در دامنه بین ۱ تا ۱۱ در این روش وجود دارد (پرهیزکار، ۱۳۸۵) . این روش طی سه مرحله ۱) ساختن سلسله‌مراتب که مهم‌ترین قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است (Cimren,2007)، ۲) تعیین ضریب اهمیت معیارها و شاخص‌ها با روش مقایسه زوجی و ۳) بررسی سازگاری قضاوت‌ها با توجه به درصد سازگاری (Saaty,1980).

معرفی محدوده موردمطالعه

حوضه آبخیز بابل رود با وسعتی معادل با ۱۹۵/۷۹ کیلومتر، برابر ۱۴۹۳ کیلومترمربع، بین ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و صفر دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است این حوضه که در جنوب استان مازندران واقع‌شده ازنظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان بابل است، از مهم‌ترین رودخانه‌های حوضه می‌توان به رودخانه‌های سجاد رود، کلارود، آذر، اسکلیم و کارسنگ اشاره کرد. در این حوضه تعداد ۵۷۳ روستا واقع است که عموماً در منطقه دشت حوضه واقع‌اند. گلوگاه، خوش‌رودپی، مرزیکلا و بخشی از شهر بابل مراکز مهم سکونتی حوضه را تشکیل می‌دهند است. دستیابی به نقاط مختلف حوضه آبخیز بابل رود از سه طریق امکان‌پذیر است: ۱- ضلع غربی از جاده حبیبی به طول ۷۵ کیلومتر ۲- ضلع غربی شهر گلوگاه به طول ۲۴ کیلومتر تا انتهای حوضه ۳- امتداد جاده هراز جاده فرعی نشل و اندوار که به شیخ موسی ختم می‌گردد جاده دیگری از جاده اصلی هراز در فاصله ۳۰ کیلومتری از شهر آمل وارد حوضه آبخیز می‌شود که اولین روستای مسیر جاده فیل بند است (گزارشات حوضه آبخیز بابل رود، اداره کل منابع طبیعی استان مازندران، ۱۳۹۳).



شکل ۱. نقشه موقعیت حوضه آبخیز بابل رود در استان مازندران

فرآیند انجام پژوهش

الف. بررسی هیپسومتری حوضه

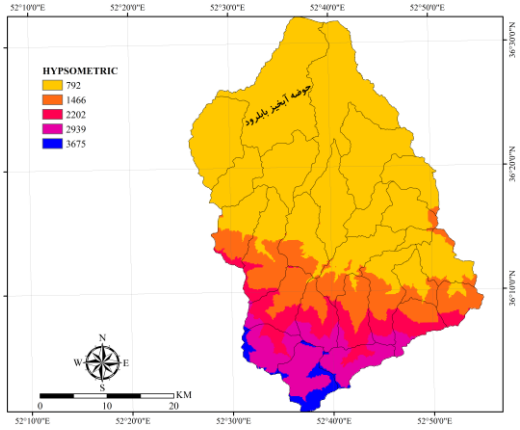
برای مطالعه هیپسومتری حوضه‌ی آبخیز بابل رود، با استفاده از لایه خطوط تراز رقومی شده و قله‌ها، مدل ارتفاعی رقومی[1] حوضه (DEM) به روش شبکه نامنظم مثلثی[2] (TIN) در محیط GIS تهیه گردید. ساختار اطلاعاتی شبکه‌های نامنظم مثلثی یکی از مناسب‌ترین ساختارهای مورداستفاده در تهیه DEM محسوب می‌گردد (رجبی فرد و نوری، ۱۳۷۶). شکل ۳ فرآیند ساخت (DEM) درروش (TIN) را نشان می‌دهد. مثلث‌های (TIN) در مناطق هموار بزرگ هستند و در مناطقی با توپوگرافی پیچیده، کوچک‌تر می‌شوند. این روش می‌تواند در مناطقی با شکست‌های تیز درشیب مانند ستیغ‌های طولانی و یا رودخانه‌ها به‌خوبی عمل کند (جانسون[3]، ۱۹۹۸).

1. Digital Elevetion Model
2. Triangular Irregular Network
3. Johnston

شکل ۲. فرایند ساخت DEM از اطلاعات بُرداری

شایان‌ذکر است که در تهیه مدل رقومی ارتفاعی باید ابعاد شبکه سلولی موردنظر به سیستم معرفی گردد. علی‌رغم این‌که هرچه اندازه سلول کوچک‌تر باشد، دقت محاسبات بیشتر خواهد بود اما تجربه ثابت کرده است که چنانچه اندازه سلول انتخابی از کمترین فاصله بین خطوط تراز ارتفاعی، کوچک‌تر باشد گودال‌های رقومی[1] و مناطق مسطح بیشتری در DEM ایجاد خواهد شد.

شکل ۳. نقشه هیپسومتری حوضه‌ی آبخیز بابل رود



ب. روش تجزیه‌وتحلیل سیستمی توان اکولوژیک

در این مطالعه برای پهنه‌بندی مناطق مناسب پایداری زیست‌محیطی از روش تجزیه‌وتحلیل سیستمی اکولوژیک مخدوم استفاده شد. این روش که حاصل سال‌ها مطالعات دانشمندان داخلی و خارجی است، توسط دکتر مخدوم ارائه‌شده است و این مدل بر پایه منطق بولین شکل‌گرفته است. برای پیاده‌سازی روش موردنظر، ابتدا شناسایی و مطالعه فاکتورهای اکولوژیکی اعم از عوامل فیزیکی و همچنین عوامل زیستی صورت پذیرفت. برخی از مهم‌ترین معیارهای مؤثر به‌کاررفته در این تحقیق شامل ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی، زمین‌شناسی، درصد پوشش گیاهی، بافت خاک، عمق خاک، فرسایش‌پذیری خاک و کاربری اراضی، دما، بارش، رطوبت، زیستگاه‌های جانوری، ظرفیت جنگل، رسوب خاک، اولویت رسوب ویژه و سایر پارامترهای محیطی می‌باشند که اقدام به رقومی سازی اطلاعات مکانی و توصیفی آن‌ها شد. برای اجرای این مدل ابتدا لایه‌های موردنظر از آبخیزداری جمع‌آوری شد و لایه‌های شیب، جهت و ارتفاع از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استخراج شد. در این تحقیق، استخراج نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، تهیه نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع (DEM[2]) خطوط هم‌دما و هم‌باران و همچنین تهیه جداول منابع اکولوژیکی پایدار و ناپایدار در محیط GIS با هم‌پوشانی نقشه‌های ارتفاع از سطح دریا، جهت و شیب، نقشه واحدهای همگن سرزمین به دست آمد. با اضافه کردن نقشه‌های خاک و پوشش گیاهی به نقشه واحد سرزمین، نقشه واحدهای زیست‌محیطی منطقه حاصل و مرز اکوسیستم از انطباق مرزهای یکایک منابع اکولوژیکی پایدار بر نقشه نهایی به دست آمد. سپس برای واحدهای مربوطه ارزیابی قابلیت سرزمین برای یک کاربری خاص صورت گرفت. این سنجش با مقایسه ویژگی‌های اکولوژیک و مدل‌های ساخته‌شده برای کاربری‌ها انجام گردید. برای این منظور کلیه لایه‌ها و متغیرهای به کار گرفته‌شده و طبقه‌بندی آن‌ها مطابق جدول مدل اکولوژیکی مخدوم (جدول ۲) صورت پذیرفت. در مرحله بعد باروی هم‌گذاری این لایه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.5 واحدهای زیست‌محیطی تولید شدند و درنهایت با مقایسه ویژگی‌های هر واحد زیست‌محیطی با مدل اکولوژیکی پهنه‌های مناسب برای فعالیت‌های زیست‌محیطی مشخص شد.

1. Digital Pits

2 .Digital Elevation Model

جدول ۲. برخی از متغیرهای به کار گرفته‌شده در مدل اکولوژیک و طبقه‌بندی آن‌ها

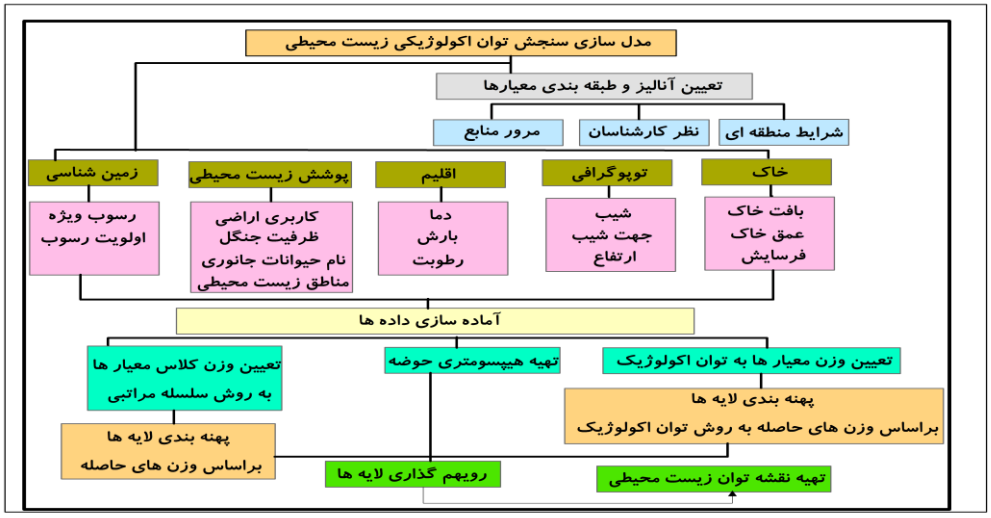
متغیرهای اصلی	طبقه زیرمتغیر	۱	۲	۳	٤	٥
فیزیوگرافی	شیب (درصد)	۰–۵	۵–۸	۸–۱۵	۱۵–۳۰	بیش از ۳۰
	ارتفاع از سطح دریا	۱۹۰–۴۰۰	۴۰۰–۸۰۰	۸۰۰–۱۲۰۰	۱۲۰۰–۱۸۰۰	۱۸۰۰–۲۵۷۰
	جهت جغرافیایی	هموار	شمالی	شرقی	جنوبی	غربی
اقلیمی	طبقات دما	۱۲–۱۴	۱۰–۱۲	۸–۱۰	–	–
	طبقات بارش	۸۰۰–۹۰۰	۷۵۰–۸۰۰	۶۵۰–۷۵۰	۵۵۰–۶۵۰	۳۵۰–۵۵۰
پوشش گیاهی	پوشش تاجی (درصد)	بیش از ۷۰	۵۰–۷۰	۲۰–۵۰	کمتر از ۲۰	–
زمین‌شناسی	زمین‌شناسی	سنگ‌آهک توده‌ای	رسوبات آبرفتی	رس و شیست	رسوبات لوسی	
خاک‌شناسی	بافت خاک	سیلتی کلای لوم	سیلتی لوم	سیلتی کلای		
	عمق خاک (cm)	نیمه عمیق	نیمه عمیق تا کم‌عمق	کم‌عمق	بسیار کم‌عمق	
کاربری اراضی	کاربری اراضی	کشاورزی	جنگل			

مأخذ: مخدوم، ۱۳۸۵؛ یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

جدول ۳. مقایسه زوجی برخی از متغیرهای اکولوژیکی حوضه‌ی آبخیز با بلرود

	شیب	جهت شیب	ارتفاع از سطح دریا	زمین‌شناسی	بافت خاک	عمق خاک	پوشش تاجی	کاربری اراضی	دما	بارش
شیب	۱	۲	۳	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۸
جهت شیب	۱/۲	۱	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۷
ارتفاع	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	۳	۵	۶	۶	۷
زمین‌شناسی	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۳	۴	۵	۶	۶	۷
بافت خاک	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱	۲	۵	۶	۶	۷
عمق خاک	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۴	۱/۲	۱	۲	۴	۵	۶
پوشش گیاهی	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۲	۱	۲	۴	۵
کاربری اراضی	۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۲	۱	۳	۵
دما	۱/۷	۱/۵	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱	۴
بارش	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷



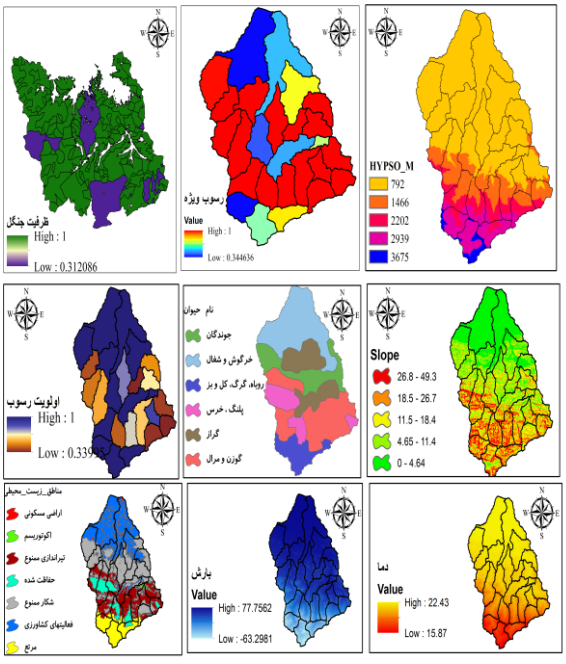
شکل ٤. فلوچارت مراحل انجام پژوهش

یافته‌های تحقیق

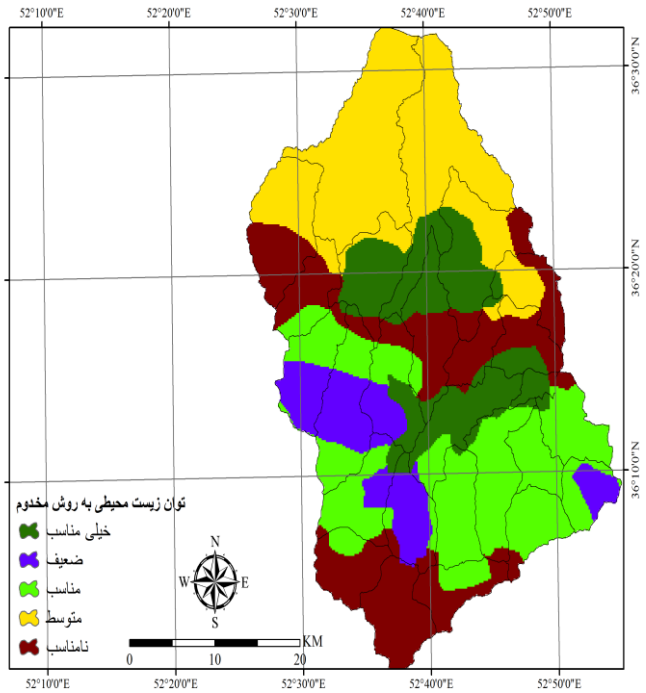
در این تحقیق ابتدا با استفاده از مقالات علمی، منابع کتابخانه‌ای، دانش بومی و نظرات کارشناسی، پارامترهای ۱۰ گانه همانند: شیب (درصد)، ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، پوشش تاجی (درصد)، زمین‌شناسی، بافت خاک، عمق خاک (cm)، فرسایش خاک و کاربری اراضی که اهمیت نسبی هر یک با استفاده از نرم‌افزار (Expert Choose) تعیین شد. پس از وزن دهی و قبل از به‌کارگیری وزن‌ها، باید از سازگاری مقایسات اطمینان یافت و نرخ سازگاری محاسبه گردد. در تحلیل شاخص سازگاری، چنانچه این مقدار، کمتر از ۰,۱ باشد، مقایسات از سازگاری قابل‌قبولی برخوردار است. بر اساس محاسباتی که با استفاده از چندین مؤلفه موردنظر در محیط GIS صورت گرفت، نتایج نشان می‌دهد که بر اساس مدل اکولوژیک، حوضه موردمطالعه در پنج طبقه (کلاس)، رده‌بندی‌شده است. به‌طوری‌که طبقه خیلی مناسب (کلاس یک)، ۱۱,۶۴ درصد و به مساحت ۲۹۳۳,۰۷ هکتار، طبقه مناسب (کلاس دو)، ۲۵,۳۵ درصد و به مساحت ۶۳۸۶,۹۵ هکتار، طبقه متوسط (کلاس سه)، ۲۵,۵۸ درصد و به مساحت ۶۴۴۵,۰۱ هکتار، طبقه ضعیف (کلاس چهار)، ۱۸,۱۷ درصد به مساحت ۴۵۷۷,۰۲ هکتار، طبقه نامناسب (کلاس پنج)، ۱۹,۲۷ درصد ۴۸۵۴,۷۶ هکتار رو شامل می‌شوند. درحالی‌که درروش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) محدوده موردمطالعه در چهار طبقه (کلاس)، رده‌بندی‌شده‌اند، در این بخش مشخص گردید که طبقه خیلی ضعیف برای توان‌زیستی این حوضه وجود ندارد. بطوریکه طبقه ضعیف (کلاس دو) ۲۹,۴۴ درصد به مساحت ۷۴۴۴,۱۷ هکتار، طبقه متوسط (کلاس سه) ۱۶,۶۳ درصد به مساحت ۴۲۰۶,۵۰ هکتار، طبقه مناسب (کلاس چهار)، ۵۲,۶۸ به مساحت ۱۳۳۲۱,۱۸ هکتار و درنهایت طبقه بسیار مناسب (کلاس پنج)، ۱,۲۵ درصد به مساحت ۳۱۵,۳۶ هکتار را شامل می‌شوند. درنهایت نرخ سازگاری ۰,۹ محاسبه‌شده که کمتر از استاندارد ۱/۱ بوده و لذا مقایسات زوجی از سازگاری قابل‌قبول برخوردار است.

جدول ٤. پراکندگی زیست‌محیطی در حوضه‌ی آبخیز بابل رود با روش توان اکولوژیک

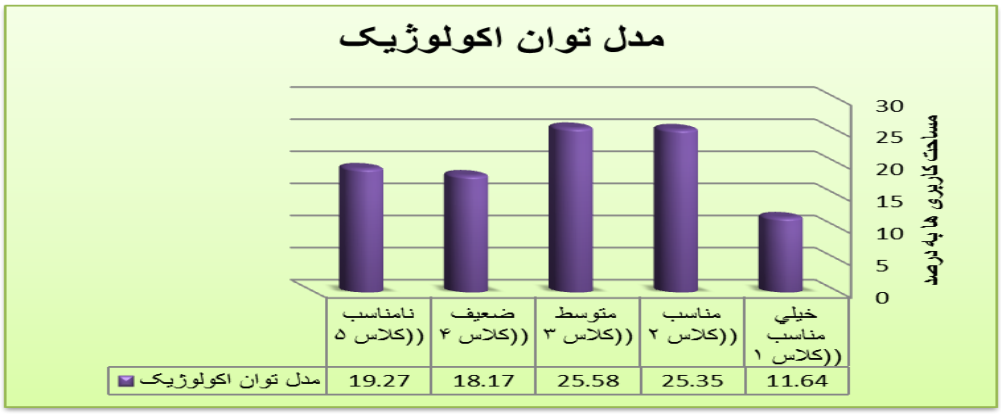
	درصد مساحت	مساحت		طبقه	کلاس
		به هکتار	به مترمربع		
روش حرفی مخدوم	11.64	2933.07	29330706.43	خیلی مناسب	1
	25.35	6386.95	63869542.34	مناسب	2
	25.58	6445.01	64450106.56	متوسط	3
	18.17	4577.02	45770236.65	ضعیف	4
	19.27	4854.76	48547598.52	نامناسب	5
جمع	100	25196.82			



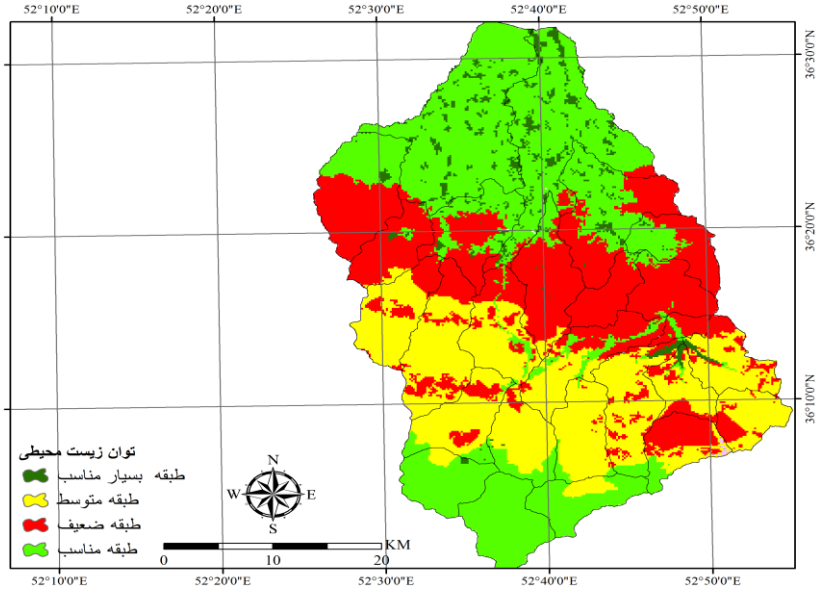
شکل ٥. مجموعه برخی از عناصر بکار رفته در پهنه‌بندی با روش توان اکولوژیک



شکل ٦. پهنه‌بندی توان زیست‌محیطی حوضه‌ی آبخیز بابل رود با روش توان اکولوژیک



شکل ۷. طبقات پایداری زیست‌محیطی با روش توان اکولوژیک



شکل ۸. پهنه‌بندی توان زیست‌محیطی حوضه‌ی آبخیز بابل رود با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

جدول ۵. پراکندگی توان زیست‌محیطی در حوضه‌ی آبخیز بابل رود با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

	درصد مساحت	مساحت		طبقه	کلاس
		به هکتار	به مترمربع		
روش AHP	29.44	7444.17	74441728.72	ضعیف	2
	16.63	4206.50	42065008.37	متوسط	3
	52.68	13321.18	133211774.55	مناسب	4
	1.25	315.36	3153584.81	بسیار مناسب	5
جمع	100	25287.21			

نتیجه‌گیری

صنایع و اجزای محیطزیست طی هزاران سال توسط انسان مورد بهره‌برداری و تغییر قرارگرفته است و از طرفی تغییرات آب و هوایی و سایر عوامل محیطی نیز اکوسیستم‌ها را دستخوش تغییر کرده است. طبیعت و نظام خلقت برای رشد، بالندگی و حفاظت خود به تنوع روی آورد و با این عمل ضرب اطمینان برای بقاء را افزایش داده است؛ به‌طوری‌که میلیون‌ها ذخیره ژنی و هزاران گونه گیاهی و جانوری در اکوسیستم‌های خشکی و دریایی کره زمین به حیات خود ادامه می‌دهند و انسان برای جواب‌گویی به نیازهای متنوع خود به بهره‌برداری از آن‌ها پرداخته است. میزان و نحوه استفاده انسان از مواهب طبیعی به‌جایی رسیده است که بازخوردهای منفی آن توسط فرد ابنای بشر احساس می‌شود و دیگر نمی‌توان به روند موجود به این شکل ادامه داد. امروزه آشتی با طبیعت و حفاظت از آن بهترین رویکرد برای رفع معضلات زیست‌محیطی شناخته‌شده است. اشاره به این نکته ضروری است که تهدیدهای محیطزیست طبیعی در استان مازندران، در ابعاد گوناگون و به‌ویژه درزمینه های تنوع زیستی، جنگل‌ها، مراتع و دریاها، اتخاذ تدابیری جدی را می‌طلبد که در این راستا افزایش آگاهی‌ها در خصوص کمیت و کیفیت تهدیدها، تقویت ظرفیت

سازمان حفاظت محیطزیست برای اجرای برنامه تنوع زیستی، استمرار شناسایی گونه‌های نادر گیاهی و جانوری، توسعه مناطق حفاظت‌شده و کنترل دقیق و نظارت بر بهره‌برداری از گونه‌های در معرض خطر ازجمله اولویت‌ها به شمار می‌رود. ارزیابی توان اکولوژیکی و آمایش سرزمین در یک منطقه می‌تواند بهترین نوع کاربری‌ها را تعیین نموده و نقش مهمی را در برنامه‌ریزی صحیح و همگام با توسعه پایدار ایفا نماید که در این میان، روش‌های متفاوتی برای ارزیابی توان اکولوژیکی توسط متخصصان امر ایجاد گردیده است. آمایش سرزمین یگانه راه‌حل منطقی جلوگیری از بروز مسائل محیطزیستی و دستیابی به توسعه پایدار است. جهت سنجش توان اکولوژیکی-زیست محیطی در راستای تدوین برنامه آمایش برای نیل به توسعه پایدار در حوضه آبخیز بابل رود در شهرستان بابل استان مازندران است. بدین منظور، از چندین معیار جهت پهنه‌بندی اراضی حوضه موردمطالعه استفاده شد. سپس همه این معیارها بر اساس مدل مخدوم و مدل AHP با یکدیگر تلفیق‌شده و درنهایت نقشه پهنه‌بندی زیست‌محیطی بر اساس این دو مدل تولید شد. با استفاده از مدل حرفی مخدوم مشخص شد که حدود ۳۷ درصد از مساحت اراضی منطقه (معادل ۹۳۲۰ هکتار) در کلاس باقابلیت بسیار مناسب و مناسب قرارگرفته که این مقدار برای مدل AHP، ۵۴ درصد (معادل ۱۳۶۳۶,۵۴ هکتار) است. حدود ۲۵,۵۸ درصد از این مقدار (معادل ۶۴۴۵ هکتار) طبق روش مخدوم برای کلاس باقابلیت متوسط است که این مقدار نیز برای روش AHP، ۱۶,۶۳ درصد از مساحت منطقه (معادل ۴۲۰۶,۵ هکتار) را در برمی‌گیرد. این مقدار برای کلاس باقابلیت‌های ضعیف و بسیار ضعیف در مدل اکولوژیک مخدوم ۳۷,۴۵ درصد (معادل ۹۴۳۱,۷۸ هکتار) است و برای مدل AHP، ۲۹,۴۵ درصد (معادل ۷۴۴۴,۱۷ هکتار) است. نتایج نشان می‌دهد که حدود ۷۱ درصد از مساحت حوضه موردمطالعه که معادل ۱۷۸۴۳,۰۴ هکتار است، بر اساس مدل AHP، برای توسعه زیست‌محیطی، منطقه مناسب است؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدل مذکور، مدل مناسبی برای ارزیابی توان اکولوژیکی- زیست‌محیطی حوضه آبخیز بابل رود نسبت به مدل اکولوژیک مخدوم است. همچنین مساحت زیاد اراضی در حوضه مذکور گواه روشنی بر عدم توجه به قواعد و اصول استفاده صحیح از منابع طبیعی است. البته، شایان‌ذکر است مهم‌ترین منبع تأمین معیشت در منطقه موردمطالعه، کشاورزی است و فقر جامعه روستایی، مردم این منطقه را به‌سوی استفاده غیراصولی و بیش از توان محیط کشانده است .

منابع:

- اشرفی، علی و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی توان‌های اکولوژیکی و پهنه‌بندی کشت عناب در استان خراسان جنوبی، فصلنامه آمایش جغرافیایی فضا، سال سوم، شماره هفتم، بهار، ص ۶۸-۸۵.
- بابایی، علیرضا و اونق، مجید (۱۳۸۵)، ارزیابی توان توسعه و آمایش حوضه آبخیز پشت کوه، مجله علوم‌کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، شماره ۱.
- بیگلو، جعفر و مبارکی، زهرا (۱۳۸۷)، سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۶.
- پایگاه داده‌های علوم زمین ایران/ http://ngdir.ir.
- پرچیانلو، رقیه و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی توان بوم‌شناختی محدوده‌های مناسب کشاورزی و مرتع‌داری در استان زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، محیطزیست و توسعه، سال چهارم، شماره هفت، بهار و تابستان. صص ۵۷-۶۴.
- پرهیزکار، اکبر و غفاری گیلانده، عطا (۱۳۸۵)، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، یاچک مالچفسکی، انتشارات سمت. تهران،
- پریشانی فروشانی، سحر، برهان داریان، علی‌رضا و فاتحی، احمد (۱۳۸۱)، استخراج اتوماتیک هیدروگراف سیل حوضه‌ای در GIS، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه، جلد دوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، صفحه ۱۴۶۹ تا ۱۴۸۲.
- رجبی فرد، عباس و سعید نوری بوشهری (۱۳۷۶)، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پویا: روش سه‌بعدی، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سازمان نقشه‌برداری کشور.
- سرمدیان، فریدون وهم کاران (۱۳۸۸)، پهنه‌بندی اکولوژیکی کشاورزی با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه تاکستان، فصلنامه تحقیقات آب‌وخاک ایران، سال دوم، شماره ۴۰، ص ۱۰۴-۹۳.
- فرجی سبک‌بار، حسین (۱۳۸۴)، مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش سلسله مراتبی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، موسسه جغرافیا-دانشگاه تهران. صص ۱۳۸-۱۲۵.
- فلاح‌میری، حمید (۱۳۸۵)، پهنه‌بندی توان اکولوژیک کشاورزی حوزه معرف کسیلیان با سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه مازندران. ساری.
- قدسی پور، سید حسن (۱۳۸۵)، مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. تهران،
- کرمی، امید و حسینی نصر، سید محمد (۱۳۹۲)، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی توان اراضی حوزه آبخیز بابل رود برای مرتع‌داری، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۰، شماره ۱، صص ۱۱۴-۱۰۱.
- کرمی، امید و همکاران (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی حوضه آبخیز بابل‌کنار برای کاربری کشاورزی با استفاده از (GIS) سامانه اطلاعات جغرافیایی، اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم، اصفهان.
- کیانی، صدیقه و همکاران (۱۳۸۸)، ارزیابی توان اکولوژیک محیط برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی با استفاده از GIS (بخش مرکزی شهرستان کیار)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۷، شماره ۱، بهار، ص ۴۶-۳۳.

- گودرزی، فروغ، همامی، محمود رضا، ملکیان، منصوره، فاخران، سیما (۱۳۹۸). ویژگی‌های بوم‌شناختی زیستگاه زادآوری سمندر لرستان در مقیاس محلی، محیط‌زیست طبیعی، دوره ۷۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، صفحه ۱۱۳-۱۲۷.
- محمدی، جهانگرد و گیوی، جواد (۱۳۸۰)، ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان (اصفهان)، با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، شماره اول، بهار.
- مخدوم، مجید (۱۳۸۵)، شالوده آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.
- مخدوم، مجید و همکاران (۱۳۸۰)، ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.
- مدیریت مرکز تحقیقات آبخیزداری و مرتع‌داری استان مازندران، ۱۳۹۳.
- نصیری، حسین و همکاران (۱۳۹۱)، پیاده‌سازی مدل اکولوژیکی کشاورزی با رویکرد PROMETHEE II و Fuzzy AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان مرودشت)، فصلنامه محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۳، پاییز، ص ۱۰۹-۱۲۲.
- نصیری، حسین و همکاران (۱۳۹۱)، مدل‌سازی توان اکولوژیک سرزمین از منظر کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری با استفاده از روش Fuzzy AHP در محیط GIS، (مطالعه موردی: شهرستان مرودشت)

- Carlos¬M.F.,¬Carlos,¬S.,-Lannac,-A.C.¬and¬Freitas, J.A,¬(2005), WandereConference on International Agricultural Research for Development, October.11-13.
- Çimren, E., Çatay, B. and Budak, E., (2007), Development of a machine tool selection system using AHP. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 35: 363–376.
- Food and Agriculture Organization, (1996), Guidlines: Agro-ecological zoning. FAO Soils Bulletin 73. Rome, FAO.
- Food and Agriculture Organization, (2002), Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21 st century. Land and Water Digital Media Series 21. FAO, Rome.
- Hossain, M.S., et al. (2007), Multi-criteria evaluation approach to GIS-based landsuitability classification for tilapia farming in Bangladesh, Aquacult Int .15, pp. 425–443.
- Johnston,C.A.(1998), Geographic Information System in Ecology, Blackwell Science Ltd,239pp.
- Kirti, H.S. (2001), Evaluation of group decision making methods. Available online at: www.expertchoice.com.
- Loi, N.K. and Tuan, V.M., (2008), Integration OF GIS and AHP techniques for land use suitability analysis in Di Linh district – Upstream Dong Nai watershed – Vietnam. Fortrop II International Conference Tropical Forestry Change in a Changing World. Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 17-20.
- Ogden, D. (2007), Land Suitability Analysis for Dog Park Site in Keller, Texas, Course Project for GEOG 4550 "Advanced GIS", pp. 1-32.
- Rahman, R., and Saha, S.K,¬(2008), Remote sensing, spatial multi criteria evaluation (SMCE) and analytical hierarchy process (AHP) in optimal cropping pattern planning for a flood prone area. J. Spatial Sci. 53: 161-177.
- Reshmidevi, T.V., T.L Eldho and R. Jana, (2009), A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds, Agricultural Systems, 101: 101–109.
- Saaty, T.L., 1994. How to make a decision: the analytic hierarchy process. Interfaces, 6(24): 19-43.
- Saha, S.K. and Pande, L.M, (1996), Agro-ecological zoning using satellite remote sensing and GIS based on integrated approach - a case study of Doon Valley, India. Proc. INDO-US Symposium - Workshop on Remote Sensing and its Applications, IIT, Mumbai.
- Sante- Riveira, I.; Crecente- Maseda, R. & Miranda- Barros, D, (2008), GIS- based planning support systemfor rural land- use allocation, Computers and Electronics in Agriculture 63.
- Sicat, R.S., E.J.M., Carranza, and U.B., Nidumolu. (2005), Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification, Agricultural Systems, 83, pp. 49-75.
- Sievers, M (۲۰۱۷). Sand quarry wetlands provide high-quality habitat for native amphibians. Web Ecology ۱۷, ۱۹-۲۷.
- Tanik, A., D.Z. Seker, M.J.Gurel, Karagoz, A. Erturk, & A. Ekdal, (2003), Towards Integrating Land-Based Information for Watershed Modeling in a Coastal Area via GIS, Diffuse Pollution Conference Dublin, 132-146.
- Toledo-Aceves, T., Meave, J.A., González-Espinosa, M. and Ramírez-Marcial, N., (2011), Tropical montane cloud forests: Current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. Journal of Environmental Management, 92: 974-981.
- York, George(edit of version by tomas kayer, (2005), ABC´S of Home -Cured, Green – Ripeolives. Universityof California, AgriculturalSciences Publications, Leaflet 21131. California .