پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۲، شماره ٤، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، از صفحه ۲۹ تا ٤۰

ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه سجافی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و منطق‌فازی

سارا نری‌میسا [*۱]، سیدمحمدباقر نبوی[۲]، سیدمحمدتقی ساداتی‌پور[۳]

۱ کارشناس ارشد آلودگی و حفاظت محیط زیست دریا
۲ استادیار گروه زیست شناسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۳ استادیار گروه آلودگی و حفاظت محیط زیست دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۲۵؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲)

چکیده

در این پژوهش توان اکولوژیکی منطقه سجافی در شهرستان هندیجان، با توجه به گسترش روزافزون توسعه در مناطق ساحلی و همجوار آن از یک‌سو و آسیب‌پذیری بالقوه آنها از سوی دیگر، در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و با روش رویهم‌گذاری نقشه‌ها به روش بولین با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ارزیابی شد. همچنین برای کاستی‌های موجود منطق بولین در روش رویهم‌گذاری، از منطق‌فازی در روش مذکور استفاده و نتایج حاصل از آن (منطق فازی) با روش فوق مقایسه گردید. نتایج نشان می‌دهد، از میان کاربری‌های مناسب با توان منطقه مطالعاتی، توسعه و کاربری‌های آبزی‌پروری و اکوتوریسم سهم بالایی دارند و سایر کاربری‌ها سهم بسیار کمرنگی از سطح منطقه را شامل می‌شدند. نسبت مساحت پهنه های دارای توان برای آبزی‌پروری و اکوتوریسم به سطح محدوده برابر ۶۸٪ برای آبزی‌پروری، ۲۵٪ برای اکوتوریسم است. همچنین استفاده از منطق‌فازی در روش مذکور، کم اهمیت نبوده است، به‌طوری‌که درصدهای مربوط به مدل توسعه آبزی‌پروری و اکوتوریسم تغییر چشمگیری داشته و طبقه خوب برای کاربری آبزی‌پروری از ۶۸ درصد به ۷۲ درصد تغییریافته و در کاربری اکوتوریسم از ۲۵درصد به ۳۰ درصد تغییر یافته است. اما بیشترین تغییر مساحت در طبقه نامناسب مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که میزان درصد این طبقه در کاربری آبزی‌پروری از ۱۴ درصد به ۵ درصد و در کاربری اکوتوریسم از ۶۹ درصد به ۵۹ درصد تغییرکرده است. این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از منطق فازی می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در طبقه‌بندی داشته باشد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی توان اکولوژیکی، سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS، منطقه سجافی، منطق فازی

[*] نویسنده مسئول: Email:Saranarimisa@gmail.com

سرآغاز

انسان مؤثرترین و مهمترین عامل تغییرات محیط زیستی است. فعالیت های انسان در راستای توسعه به هر طریقی که باشد اثرهای مختلفی بر محیط خواهد داشت، اما نمی‌توان این فعالیت ها را که جنبه حیاتی برای بقای انسان دارد محدود کرد. بلکه باید متناسب با نیازهای حال و آینده هر چه بیشتر در توسعه و تکامل آن تلاش شود، مشروط بر آن که به بهای نابودی محیط زیست و منابع طبیعی نباشد. با توجه به اینکه توسعه و محیط‌زیست دو موضوع جدایی‌ناپذیرند، ضروری است که با دستیابی و استفاده از ابزارهای مدیریت محیط‌زیست در کلیه برنامه های توسعه حداقل خسارت به منابع و محیط زیست وارد شود. بنابراین به منظور بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی، در نظر گرفتن زمین به عنوان موجودی که دارای حیات است و توانایی اکولوژیک مشخصی دارد به انسان در رفع نیازهایش کمک فراوانی می‌کند (خدادادی و همکاران، ۱۳۸۴).

امروزه سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) بیش از چهل سال است که به عنوان یکی از ابزارهای توانمند کامپیوتری وارد بسیاری از علوم، از جمله مسایل مربوط به محیط زیست شده است. اما یکی از استفاده های GIS در ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه سجافی، روش رویهم گذاری نقشه است. این روش بدون استفاده از GIS اولین بار اواخر دهه ۶۰ میلادی پیشنهاد شد و در انتخاب مسیرهای مناسب برای احداث یک بزرگراه مورد استفاده قرارگرفته و از این طریق اثرهای احداث این بزرگراه مشخص شد (McHarg, 1969). همچنین بسیاری از کاربردهای GIS در ارزیابی اثرها شامل توابع اصلی و اساسی GIS نظیر اندازه‌گیری طول و مساحت، تولید نقشه و رویهم‌گذاری نقشه‌ها می‌شود که قبلاً به صورت دستی صورت می‌گرفت اما امروزه با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی این روش (رویهم‌گذاری) بسیار فراگیر شده است (Smith, 1993).

با پیشرفت سریع علم و دانش گمان می‌رفت روزی عدم قطعیت‌ها از بین خواهد رفت. اما در سالیان گذشته همواره وجود عدم قطعیت‌ها به صورت اجتناب‌ناپذیر جزیی از سیستم طبیعی مورد توجه بوده‌اند (Bardoosy and Duckstein, 1995). منطق فازی ابزاری جدید برای مقابله با عدم قطعیت هاست. به طورکلی مدل‌های منطق فازی در زمینه‌های علوم طبیعی که معمولاً قانون‌های پذیرفته شده و دقیقی برای اهداف مدل‌سازی وجود ندارد و در زمینه‌های علوم مهندسی و فیزیک که دارای مدل‌های ریاضی پذیرفته شده‌ای هستند، کاربرد دارند (Zimmermann, 1995). با توجه به توسعه کاربرد نظریه فازی در زمینه‌های مختلف علوم، این نظریه در انواع مسایل مهندسی آب نظیر برآورد نیاز آبی گیاه (Saruwatari and Yomota, 1995)، برآورد شاخص تنش آبی گیاه (Al-Faraji, et al., 2002)، ارزیابی عملکرد شبکه‌های دارای اطلاعات کمی معدود (Zemmermann, 1995)، رتبه‌بندی و طبقه‌بندی عملکرد شبکه‌های آبیاری (Malano and Gao, 1992)، پایش و پهنه‌بندی خشکسالی (انصاری، ۱۳۸۲)، تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری سفره آب‌زیرزمینی (نیکنام، ۱۳۸۳)؛ ارزیابی محیط‌زیستی سد گتوند علیا و دسته بندی مدل تخریب ایران (Makhdoum, 2002) مورد استفاده قرار گرفته است (جوادی، ۱۳۸۷). در این پژوهش توان اکولوژیکی منطقه سجافی با روش رویهم گذاری نقشه ها به روش بولین با کمک GIS و مقایسه آن با منطق‌فازی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه سجافی در شمال خلیج فارس و جنوب تا جنوب‌غربی شهرستان هندیجان در استان خوزستان واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از لحاظ زیستی دارای ویژگی‌هایی است که موجب حضور جوامع جانوری و گیاهی خاصی در منطقه شده است. از جمله این شرایط می‌توان شکل و حالت سواحل و کناره های ساحل، شکل پیشروی آب در خشکی این منطقه و عدم وجود موانع طبیعی در سواحل، دشت های اطراف و عدم وجود بلندی ها که سبب وزش طوفان ها در این منطقه و در نتیجه باعث انحلال بیشتر آب و مواد معدنی و اکسیژن شده که افزایش جوامع آبزی را به‌دنبال دارد. عامل دوم، قرار گرفتن این منطقه در قسمت شمالی سواحل خلیج‌فارس و در نتیجه پایین‌تر بودن درجه حرارت است که خود سبب فراوانی جوامع آبزی می‌شود. عامل سوم وجود رودخانه پرآبی نظیر رودخانه زهره است که پس از ریختن به دریا، موجب کاهش شوری آن شده و همچنین املاح معدنی بیوژن را که در زندگی آبزیان نقش اساسی دارند به منطقه وارد می‌کند و موجب رشد و تکثیر آبزیان می‌شود. در این تحقیق با توجه به غنای منطقه به لحاظ گونه‌ای، به ارزیابی توان با استفاده از روش رویهم‌گذاری نقشه‌ها پرداخته و سپس نتایج به‌دست آمده از آن، با تکنیک منطق‌فازی نیز مقایسه شد.

شکل (۱): تصویر ماهواره‌ای منطقه طرح

روش پژوهش

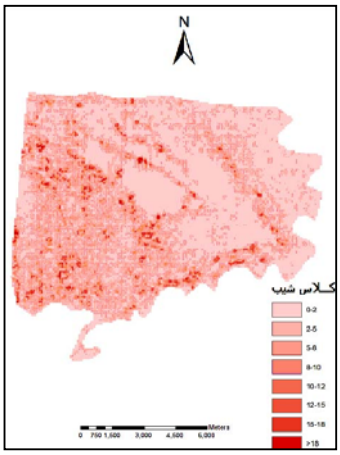
روش رویهم‌گذاری نقشه‌ها

این روش از قدیم برای برنامه‌ریزی محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گرفته است. پایه‌گذار این روش، مک‌هارگ است که در سال ۱۹۶۹ از این روش در برنامه‌ریزی منطقه‌ای استفاده کرد. وی این روش را در انتخاب مسیرهای مناسب برای احداث بزرگراه مورد استفاده قرار داده و از این طریق اثر های احداث این بزرگراه را به تصویر کشیده است (Biswas, et al., 1993). این روش بر پایه استفاده از مجموعه نقشه‌هایی است که عوامل مختلف محیط زیستی را نشان داده و همچنین توان منطقه مورد نظر را می‌توان تعیین کرد. در این روش ابتدا نقشه‌های مورد نیاز از لحاظ محیط‌زیستی و اجتماعی، اقتصادی به صورت تک‌تک تهیه شده و بعد از رویهم گذاری با استفاده از مدل های موجود می‌توان کل اثرها را نشان داد (Biswas, et al., 1993). ابتدا این روش به صورت دستی و بسیار طاقت‌فرسا صورت می‌گرفت و قاعدتاً دارای خطای انسانی بسیار زیادی بود؛ اما کم‌کم با فراگیر شدن رایانه و استفاده آن در بسیاری از زمینه‌ها، در این قضیه نیز پژوهشگران توانستند از برنامه‌های رایانه‌ای نظیر Metland در آمریکا و SiroPlan در استرالیا بهره برند. امروزه روش فوق با استفاده از نظریه سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزارهای توانمند موجود در این مبحث نظیر ArcGis به آسانی صورت می‌گیرد (برگرفته از کتاب شالوده آمایش سرزمین، مخدوم، ۱۳۹۰).

تهیه نقشه شیب، ارتفاع و جهت های جغرافیایی

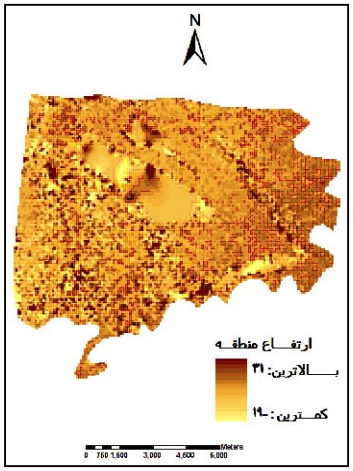
برای تهیه نقشه های فوق ابتدا با استفاده از نقشه های توپوگرافی منطقه، نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM)[1] استخراج شد. سپس با توانایی های نرم‌افزار ArcGIS می‌توان نقشه شیب منطقه را برحسب درصد تهیه کرد.

بنابراین به منظور تهیه توان اکولوژیکی محدوده مطالعاتی، نقشه شیب در هشت طبقه استخراج شد. شکل (۲) طبقات شیب را در هشت طبقه مذکور نشان می‌دهد. همچنین مناطق با شیب کمتر از ۱۰٪ به عنوان مسطح (P) در نظر گرفته شده است.



شکل (۲): طبقات شیب منطقه مطالعاتی

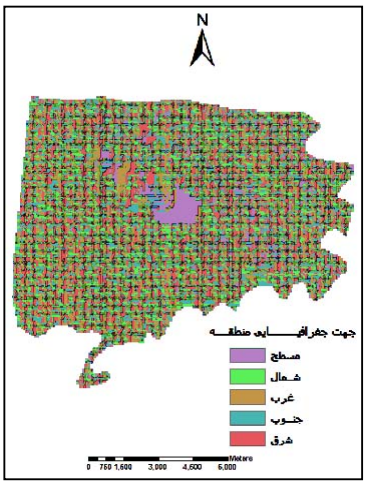
خطوط منحنی میزان نقشه توپوگرافی نوسانان‌های ارتفاعی منطقه مورد مطالعه را در اختیار می‌گذارند. اما با تهیه نقشه طبقات ارتفاعی DEM می‌توان نوسان های ارتفاع را آسان‌تر و سریع‌تر تشخیص داد. (Biswas, et al, 1993) شکل (۳) نقشه نوسان های ارتفاعی را همراه با طبقات در نظر گرفته شده نشان می‌دهد.



شکل (۳): طبقات ارتفاعی منطقه مطالعاتی

برای تهیه نقشه جهت‌های جغرافیایی نیز از ویژگی‌های خطوط

منحنی میزان بر روی نقشه توپوگرافی به اضافه سایر ویژگی‌های این‌گونه نقشه‌ها مانند رودخانه‌ها، نهرها، آبراهه‌ها و ... استفاده می‌شود. نقشه جهت های جغرافیایی به علت آسان‌تر دیدن جهت دامنه‌ها در مطالعات استفاده می‌شود. در این تحقیق نقشه جهت‌های جغرافیایی در پنج طبقه اصلی جهت‌ها یعنی شمال، جنوب، غرب، شرق و مسطح استخراج شد. شکل (۴) نقشه جهت‌های جغرافیایی را نشان می‌دهد.



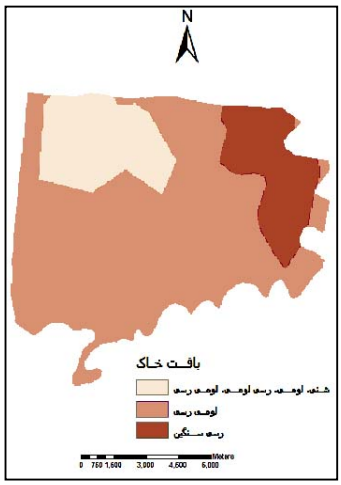
شکل (۴): جهت‌های جغرافیایی منطقه مطالعاتی

تهیه نقشه‌های خاک، فرسایش‌پذیری و خطوط همدما

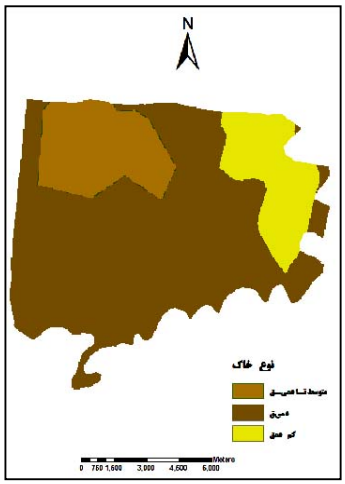
نقشه خاک منطقه مورد نظر که از شرکت مدیریت آب و خاک استان خوزستان دریافت شد، دارای سه کلاس خاک بوده (شش و یک (عمیق)، شش و دو (متوسط تا عمیق) و پنج و سه (کم عمق)) که به صورت پراکنده و در اعماق متفاوت در منطقه مورد مطالعه پراکنده است. اشکال (۵) و (۶) منطقه مورد مطالعه را همراه با کلاس و خاک نشان می‌دهد. از نظر بافت خاک نیز منطقه مورد مطالعه دارای سه نوع خاک (لومی، لومی شنی رسی و لومی رسی سنگین) است. شکل (۷) بافت خاک منطقه را نشان می‌دهد.

البته شایان ذکر است مناطقی با خاک متفاوت در بین مناطق دیگر وجود داشته که به علت کوچک بودن مساحت آنها جز طبقه بزرگتر در نظر گرفته شده‌اند.

یکی دیگر از نقشه‌های مورد نیاز برای مشخص کردن توان اکولوژیکی منطقه، نقشه فرسایش‌پذیری آن است. زیرا برای بیشتر مدل‌های ارایه شده این مشخصه بسیار تعیین‌کننده‌اند. از این‌رو در این پژوهش نقشه فرسایش منطقه از شرکت مدیریت



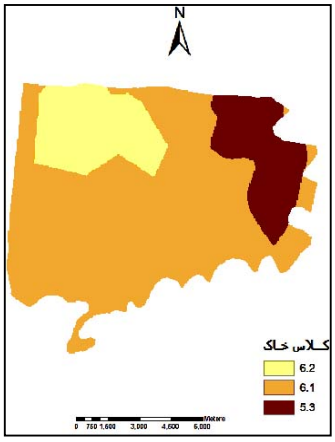
شکل (۵): کلاس خاک منطقه مطالعاتی



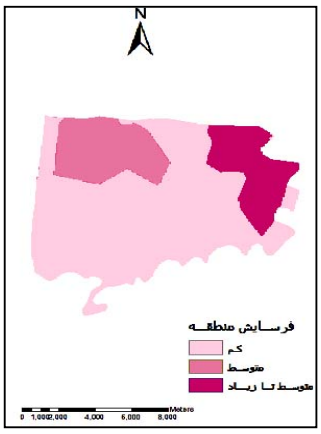
شکل (۶): نوع خاک منطقه مطالعاتی

آب و خاک استان خوزستان دریافت شد و مطالعات مربوط روی آن صورت گرفت. شکل (۸) کلاس‌های فرسایش منطقه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود منطقه مورد مطالعه دارای ۳ کلاس ((II (کم)، III (متوسط) وIV (زیاد)) فرسایش‌پذیری است.

تهیه نقشه خطوط هم‌دما در مشخص کردن توان اکولوژیکی منطقه در مطالعات استفاده می‌شود. در تهیه این نقشه طول و عرض جغرافیایی ایستگاه های مطالعاتی به نرم‌افزار داده شده و لایه‌ای نقطه ای از ایستگاه های هواشناسی تهیه شد. سپس اطلاعات دما به هر ایستگاه داده شده و لایه‌ای نقطه‌ای از ایستگاه‌های هواشناسی و از طریق نوارابزار Geostatistical Analyst، یا به‌عبارتی میانیابی لایه‌ها در Arc GIS ساخته شد.

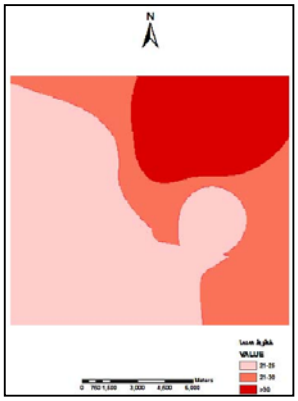


شکل (۷): کلاس خاک منطقه مطالعاتی



شکل (۸): کلاس‌های فرسایش منطقه مطالعاتی

در تهیه این لایه از اطلاعات ایستگاه های خارج از محدوده مطالعاتی استفاده شده تا به نمایش بهتری از خطوط هم‌دما دست پیدا کرد. شکل (۹) نقشه خطوط همدما را در منطقه بزرگتر از محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد.



شکل (۹): خطوط هم‌دمای منطقه مطالعاتی

منطق فازی در ارزیابی محیطزیستی

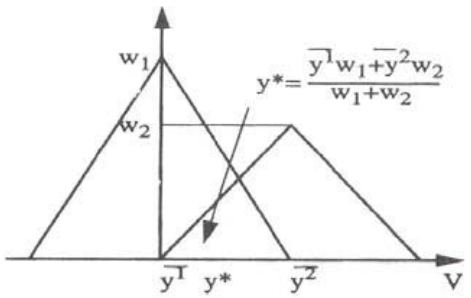
در ارزیابی توان اکولوژیکی به روش رویهم‌گذاری نقشه‌ها، از منطق بولین برای مدل‌های استفاده شده پیروی می‌شود. در این روش ها توان اکولوژیکی و شرایط محیطزیستی یک منطقه با پدید آمدن یک تغییر جزئی در هر پارامتر مؤثر در ارزیابی ممکن است از یک طبقه به طبقه دیگر جابه‌جا شود. برای نمونه در مدل اکولوژیکی کاربری آبزی‌پروری مشاهده می‌شود که اگر در منطقه مقدار شیب از ۸ درصد به ۹ درصد برسد، منطقه مورد نظر از لحاظ اکولوژیکی جزء منطقه‌ای با محدودیت متوسط از نظر آبزی‌پروری قرار می‌گیرد. حال آنکه در واقعیت توان اکولوژیکی هیچ منطقه‌ای با تغییر یک درصد شیب، تغییر نخواهد کرد. بنابراین به نظر می‌رسد که با استفاده از نظریه فازی بتوان با برطرف کردن این مشکل، به روشی مناسب‌تر برای ارزیابی شرایط محیط زیستی دست یافت. برای تکمیل سیستم کنترل فازی که با گزاره‌های شرطی «اگر آنگاه» انجام می‌پذیرد، مراحل زیر لازم است:

فازی‌سازی مقادیر قطعی ورودی

بیان قواعد سیستم و روش استنتاج

دی فازی‌سازی مقادیر فازی خروجی

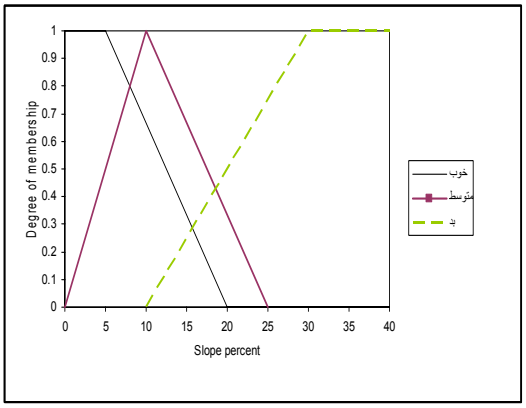
در این تحقیق، تابع عضویت مثلثی برای فازی‌ساز مقادیر قطعی انتخاب شده، همچنین سیستم فازی انتخابی بر حسب موضوع، سیستم فازی‌ساز و غیر فازی‌ساز بوده و از غیر فازی‌ساز میانگین مراکز مطابق شکل (۱۰) برای دی فازی‌سازی مقادیر فازی خروجی استفاده شده است. علت انتخاب تابع عضویت مثلثی، سادگی آن و همچنین عدم پیچیدگی عوامل انتخاب شده برای طبقه‌بندی فازی در تحقیق حاضر بود.



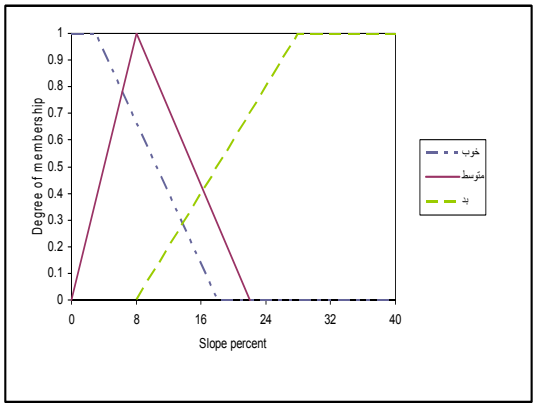
شکل (۱۰): نمایش گرافیکی غیر فازی‌ساز میانگین مراکز

مشخصه‌های ورودی

اولین گام در طراحی سیستم فازی مشخص کردن متغیرهای ورودی به مدل است. متغیرهای ورودی به مدل فازی، ارزیابی توان اکولوژیکی برای کاربری به‌دست آمده (آبزی‌پروری و اکوتوریسم) همان متغیرهای در نظر گرفته شده برای این موضوع، در مدل ارائه شده در منطق بولین است. این متغیرها شامل شیب، مشخصه‌های خاک، فرسایش، جهت و مشخصه دماست. همچنین با توجه به مدل بولین، در منطق‌فازی نیز برای هر متغیر ورودی در دامنه تعریف آن سه مجموعه فازی خوب، متوسط و ضعیف، یا نامناسب (با حروف انگلیسی مشخص شده‌اند) تعریف شده و برای هر یک از مجموعه‌های فوق یک تابع عضویت مشخص شد. در این تحقیق به علت اینکه ارتفاع زمین از سطح دریا برای تمام نقاط منطقه مورد بررسی کمتر از ۵ متر است، در نظر گرفتن این مشخصه به‌عنوان مشخصه ورودی فقط سبب افزایش تعداد قواعد موجود در پایگاه قواعد شده و بر روی نتایج حاصل اثری نداشت همچنین از آنجا که متغیر شیب متغیری کمی است، برای استفاده از آن در مدل فازی با توجه به نوع خاک و تاثیر آن در توانایی اکولوژیکی منطقه برای کاربری های به‌دست آمده برای هر نوع خاک موجود در منطقه یک عدد به‌عنوان وزن تعیین می‌شود. شکل‌های (۱۱ و ۱۲) دامنه تغییرات متغیرهای ورودی و مجموعه های فازی درنظر گرفته شده در دامنه تغییر هر متغیر را نشان می‌دهد.



شکل (۱۱): تابع عضویت درصد شیب در کاربری آبزی‌پروری



شکل (۱۲): تابع عضویت درصد شیب در کاربری اکوتوریسم

استخراج پایگاه قواعد

در این تحقیق از مدل مخدوم (۱۳۹۰) برای تشکیل پایگاه قواعد فازی کامل و سازگار استفاده شده است. در این پایگاه قواعد فازی با توجه به متغیرهای ورودی (شیب، فرسایش و مشخصه‌های خاک) درکاربری آبزی‌پروری و متغیرهای ورودی (شیب، مشخصه‌های خاک، جهت جغرافیایی و میانگین دما) در کاربری اکوتوریسم مجموعه های فازی تعریف شده برای هر یک از این متغیرها در دامنه تعریف آنها و ترکیبات مختلف ممکن از این مجموعه های فازی، توان اکولوژیک منطقه برای آبزی‌پروری و اکوتوریسم برای هر یک از این ترکیبات به‌صورت یک عدد (وزن) در نظر گرفته شده است. در هر ترکیب از مشخصه‌های ورودی چنانچه وزن ترکیب (عدد مربوط به بخش، آنگاه قواعد فازی) به عدد یک نزدیک باشد، نشان‌دهنده آن است که توان اکولوژیکی منطقه با داشتن چنین خصوصیاتی برای آبزی‌پروری و اکوتوریسم بالاست. با توجه به اینکه سه متغیر به‌عنوان ورودی به سیستم برای کاربری آبزی‌پروری وارد می‌شوند و چهار متغیر به‌عنوان ورودی به سیستم برای کاربری اکوتوریسم وارد می‌شوند و هر کدام از این متغیرها نیز در دامنه تعریف خود دارای سه مجموعه فازی هستند، بنابراین پایگاه قواعد از ۲۷ قاعده برای کاربری آبزی‌پروری و ۳۶ قاعده برای کاربری اکوتوریسم تشکیل می‌شود که در جداول (۱ و ۲) به نمایش درآمده است.

نحوه ارزیابی

پس از تعریف توابع عضویت برای متغیرهای ورودی در دامنه تعریف آنها، استخراج پایگاه قواعد و انتخاب نوع روش استلزام فازی، مدل‌های ارزیابی توان اکولوژیکی در نرم‌افزار 6.0

Matlab برنامه‌نویسی شد. سطح منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شامل ۴۴۶۰۴ سلول مساحتی است که برای هر یک از این سلول‌ها مقادیر متغیرهای ورودی مشخص شده و به مدل وارد می‌شود. ابتدا به کمک توابع عضویت تعریف شده، متغیرهای ورودی هر سلول به مجموعه های فازی تبدیل می‌شوند و هر سلول درجه‌ای بین ۰ تا ۱ اختیار می‌کند. در گام بعدی، با استفاده از پایگاه قواعد فازی برای هر قاعده موجود در این پایگاه یک خروجی فازی تولید می‌شود.

جدول (۱): پایگاه قواعد پارامترهای مدل اکولوژی توسعه آبزی‌پروری

وزن	فرسایش	خاک	شیب	وزن	فرسایش	خاک	شیب
۰/۲۵	I	E	B	۱	G	D	A
۰/۱	G	F	B	۰/۸۵	H	D	A
۰/۰۵	H	F	B	۰/۷۵	I	D	A
۰	I	F	B	۰/۷۵	G	E	A
۰/۸۵	G	D	C	۰/۶	H	E	A
۰/۷۵	H	D	C	۰/۵	I	E	A
۰/۵	I	D	C	۰/۲۵	G	F	A
۰/۶	G	E	C	۰/۱	H	F	A
۰/۴	H	E	C	۰	I	F	A
۰/۳	I	E	C	۰/۸۵	G	D	B
۰/۲	G	F	C	۰/۷۵	H	D	B
۰/۱	H	F	C	۰/۵	I	D	B
۰	I	F	C	۰/۶	G	E	B
				۰/۵	H	E	B

که در این جدول:

فرسایش	خاک	شیب
G=کم	D=عمیق	A= ۸ −۰
H= متوسط	E=نیمه عمیق	B= ۱۵ −۰
I= زیاد	F= کم‌عمق	C= > ۱۵

برای همه سلول‌ها، ۴۴۶۰۴ عدد به‌عنوان خروجی مدل تولید شد. به‌منظور ارزیابی کمی کل منطقه و با توجه به اینکه اعداد به‌دست آمده به‌عنوان خروجی از مدل برای هر سلول مقداری بین ۰ تا ۱ هستند، در این فاصله سه طبقه برای کاربری‌های آبزی‌پروری و اکوتوریسم در نظر گرفته شد. این طبقه‌ها عبارت بودند از کلاس بد (۰– ۰/۳۳)، کلاس متوسط (۰/۳۳– ۰/۶۶) وکلاس خوب (۰/۶۶– ۱). در نتیجه‌گیری نهایی با مشخص شدن تعداد سلول‌هایی که در هریک از کلاس‌های فوق قرار می‌گیرند، می‌توان درصد مساحتی را که به‌وسیله هر یک از کلاس‌های فوق پوشش داده می‌شوند مشخص کرد.

مدل اکولوژیکی تعیین توان منطقه

بعد از تهیه و جمع‌آوری نقشه‌های مورد نیاز، نقشه نهایی که در واقع توان اکولوژیک منطقه است، تهیه شد. در واقع در این قسمت از پژوهش، هدف تعیین توان منطقه حول محور توسعه برای کاربری های است که منطقه مورد مطالعه توان پذیرش آنها را دارد. مدل‌های اکولوژیکی بسیاری برای تعیین توان منطقه عرضه شده است که شباهت‌ها و تفاوت‌هایی نیز باهم دارند. از مدل‌های ارایه شده می‌توان به مدل اتر و همکاران (Etter, et al., 2006) در مورد مدل اکولوژیکی برای کشاورزی، گیسلاسون و همکاران (Gislason, et al, 2005) برای

جدول (۲): پایگاه قواعد پارامترهای مدل اکولوژی توسعه اکوتوریسم

وزن	جهت جغرافیایی	دما	عمق و بافت خاک	شیب	وزن	جهت جغرافیایی	دما	عمق و بافت خاک	شیب
۰/۲۵	L	I	E	B	۱	J	G	D	A
۰/۱	J	G	F	B	۰/۸۵	J	H	D	A
۰/۰۵	K	H	F	B	۰/۷۵	J	I	D	A
۰	J	I	F	B	۰/۷۵	J	G	E	A
۰/۸۵	L	G	D	C	۰/۶	K	H	E	A
۰/۷۵	L	H	D	C	۰/۵	K	I	E	A
۰/۵	K	I	D	C	۰/۲۵	K	G	F	A
۰/۶	L	G	E	C	۰/۱	K	H	F	A
۰/۴	J	H	E	C	۰	L	I	F	A
۰/۳	K	I	E	C	۰/۸۵	L	G	D	B
۰/۲	J	G	F	C	۰/۷۵	L	H	D	B
۰/۱	K	H	F	C	۰/۵	L	I	D	B
۰	L	I	F	C	۰/۶	J	G	E	B
					۰/۵	K	H	E	B

که در این جدول:

جهت جغرافیایی	میانگین دما	عمق و بافت خاک	شیب
شرقی=J	G= ۲۱-۲۵	D= عمیق، لومی	A= ۵ -۰
شمالی=K	H= ۲۱-۳۰	E= نیمه عمیق، شنی، لومی، رسی لومی، لومی رسی	B= ۱۵ -۰
جنوبی=L	I= >۳۰	F= کم‌عمق،رسی سنگین	C= > ۱۵

طبقه‌بندی برای کاربری جنگل، یا مدل برایان (Bryan, 2003) که با استفاده از مدل های فیزیکی (خاک، آب و اقلیم) در منطقه مورد مطالعه برای تعیین کاربری مناسب تصمیم‌گیری کرده است، اشاره کرد. در ایران نیز مخدوم (مخدوم، ۱۳۹۰) با استفاده از تجربیات مشابه استفاده شده در کشورهای مختلف و ایران یک مدل اکولوژیکی کامل برای هفت کاربری جنگل‌داری، کشاورزی و مرتع‌داری، توسعه روستایی و شهری، حفاظت، تفرج متمرکز، تفرج گسترده و آبزی‌پروری برای ایران تهیه کرده است. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های فوق (مخدوم، ۱۳۹۰) دو مدل کاربری آبزی‌پروری و تفرج گسترده (اکوتوریسم) با توجه به شرایط اکولوژیکی منطقه مطالعاتی و پس از تطبیق آنها با شرایط منطقه انتخاب و استفاده شده است. از چهار مدل جنگل‌داری، کشاورزی و مرتع‌داری، توسعه‌روستایی و شهری و تفرج متمرکز به علت شرایط خاص مورد نیازشان و از آنجایی‌که مناسب منطقه مطالعاتی نبودند استفاده نشده است، زیرا هیچ مساحتی را دربر نمی‌گرفتند.

مدل اکولوژیکی آبزی‌پروری

این مدل بیشتر برای ارزیابی کاربری آبزی‌پروری در استخرهای انسان‌ساخت، یا احتمالاً برکه‌ها و دریاچه‌های طبیعی کاربرد دارد. از این مدل برای پیدا کردن محل های مناسب برای احداث استخرهای پرورش ماهی و میگو استفاده می‌شود (مخدوم، ۱۳۹۰). در این تحقیق مدل اکولوژیکی آبزی‌پروری که مناسب با شرایط منطقه مطالعاتی است در جدول (۳) ارائه شد.

جدول (۳): مدل اکولوژی جهت آبزی‌پروری

طبقه	شیب (درصد)	کلاس خاک	عمق خاک	فرسایش
خوب	۰ -۸	۶/۱	عمیق	کم
متوسط	۰ -۱۵	۶/۲	متوسط تا عمیق	متوسط
نامناسب	>۱۵	۵/۳	کم عمق	متوسط تا زیاد

مدل اکولوژیکی اکوتوریسم (تفرج‌گسترده)

این مدل شامل آن دسته از تفرج‌هاست که نیاز به توسعه ندارند، مانند کوهنوردی و شکار، یا نیاز به توسعه اندک دارند، مانند ماهیگیری، صحراگردشی، اسب‌سواری و تماشای جانوران در طبیعت(مخدوم، ۱۳۹۰). در این تحقیق مدل اکولوژیکی تفرج گسترده که مناسب با شرایط منطقه مطالعاتی است در جدول (۴) ارائه شد.

جدول (۴): مدل اکولوژی برای اکوتوریسم (تفرج گسترده)

طبقه	شیب (درصد)	باقت خاک	عمق خاک	جهت جغرافیایی	میانگین دما
خوب	۰ – ۵	لومی رسی	عمیق	جنوبی (زمستان)	۲۵- ۲۱ درجه سانتیگراد
متوسط	۰ – ۱۵	شنی، لومی، رسی لومی، لومی رسی	متوسط تا عمیق	غربی (زمستان)	۳۰- ۲۱ درجه سانتیگراد
نامناسب	>۱۵	رسی سنگین	کم عمق	شمال و شرق (زمستان)	۳۰< درجه سانتیگراد

شایان ذکر است که در مدل اکولوژیکی اکوتوریسم، جهت جغرافیایی، زمستانه درنظر گرفته شده و از جهت تابستانه به دلیل شرایط بد اقلیمی منطقه در این فصل و همچنین از مشخصه تراکم پوشش گیاهی با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی و کم اثر بودن آن چشم‌پوشی شده است.

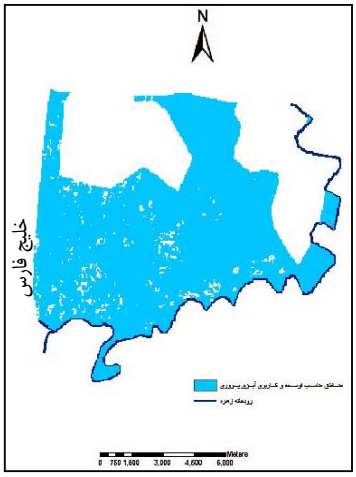
یافته‌ها

تجزیه و تحلیل نقشه ها با استفاده از مدل‌های اکولوژیکی در ArcGIS

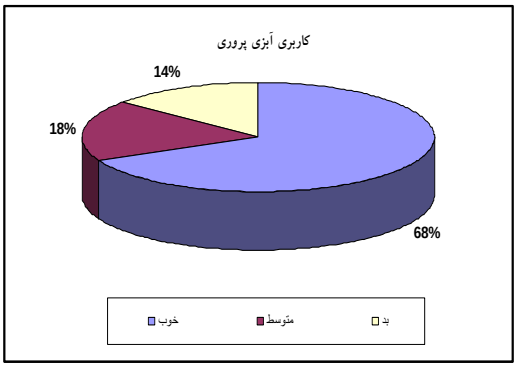
مدل‌های اکولوژیکی بسیاری برای تعیین توان منطقه عرضه شده است که شباهت‌ها و تفاوت‌هایی نیز با هم دارند. در این پژوهش با استفاده از مدل های فوق و مطابقت آنها با منطقه مطالعاتی، تعداد دو مدل کاربری آبزی‌پروری و تفرج گسترده (اکوتوریسم) انتخاب و در منطقه مورد مطالعه به کار گرفته شده است. بعد از مشخص شدن مدل های اکولوژیکی، نقشه های مورد نیاز برای هر مدل در نرم‌افزار ArcMap و با کمک ابزار Raster calculator با استفاده از نقشه‌های پایه تهیه شده، به دست آمد.

جمع بندی و نتایج حاصل از رویهم‌گذاری نقشه‌ها

در توسعه و کاربری آبزی‌پروری از کل مساحت منطقه، حدود ۶۸ درصد از توان خوب برخوردار است، ۱۸ درصد توان متوسط دارد که با توجه به مدل اکولوژیکی، جهت کاربری آبزی‌پروری نامناسب است و ۱۴ درصد نیز دارای توان ضعیف و نامناسب است. یادآوری این نکته ضروری است که در منطقه مطالعاتی به واسطه وجود آب‌شور (خلیج‌فارس)، آب‌شیرین (رودخانه زهره) و لب‌شور (تداخل آب خلیج‌فارس و رودخانه زهره) توان آبزی‌پروری ماهی، میگو و آرتمیا با توجه به شرایط پرورش هر کدام مهیاست. شکل (۱۳) مناطق مناسب توسعه و کاربری آبزی‌پروری در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. همچنین نمودار (۱) درصد توان منطقه را در این مدل نمایش می‌دهد.

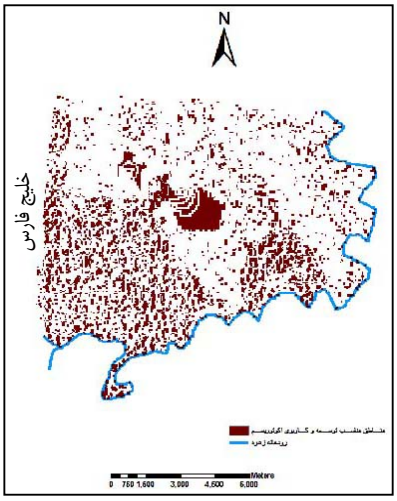


شکل (۱۳): مناطق مناسب توسعه آبزی‌پروری

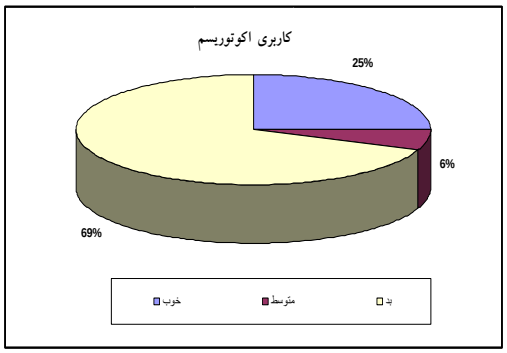


نمودار (۱): درصد طبقات مختلف برای کاربری و توسعه اکوتوریسم

همچنین از کل مساحت منطقه، در حدود ۲۵ درصد توان مناسب برای توسعه اکوتوریسم، ۶ درصد متوسط و ۶۹ درصد نیز دارای توان ضعیف و نامناسب هستند. در این منطقه، توسعه اکوتوریسم با توجه به شرایط محیطی و شکل سواحل، می‌تواند از غرب با توجه به همجواری سواحل سجافی با خلیج‌فارس، به شکل مشاهده پستانداران دریایی (نهنگ ها و دلفین های دریایی) و تماشای جایگاه پرندگان دریایی، از جنوب با توجه به وجود سواحل رودخانه زهره، به صورت ماهیگیری، اسکی روی آب، گردش ساحلی و در سطح منطقه مطالعاتی به صورت شتردوانی و خورگشت میدانی باشد. شکل (۱۴) مناطق مناسب توسعه و کاربری اکوتوریسم در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. همچنین نمودار (۲) درصد توان منطقه را در مدل پیش گفته نمایش می‌دهد.



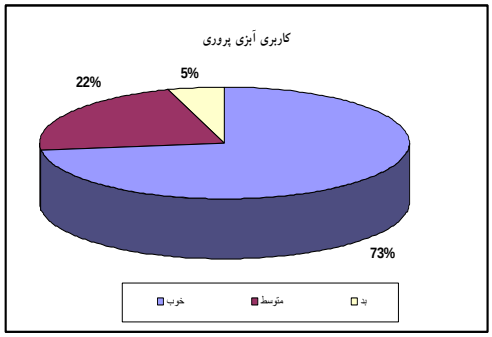
شکل (۱۴): مناطق مناسب توسعه اکوتوریسم



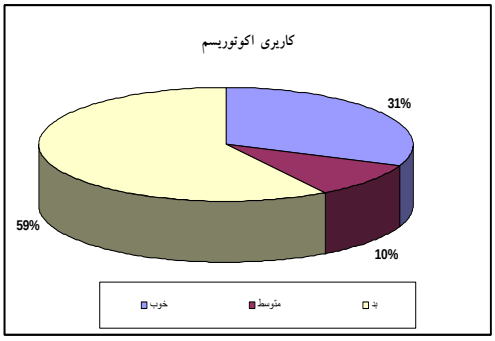
نمودار (۲): درصد طبقات مختلف برای کاربری وتوسعه آبزی‌پروری

جمع‌بندی و نتایج حاصل از منطق فازی

در این قسمت مدل های اکولوژی به‌دست آمده (کاربری آبزی‌پروری و اکوتوریسم) به صورت فازی استخراج شده است. همان‌طورکه در نمودارهای (۳ و ۴) مشاهده می‌شود، درصدهای مربوط به هر طبقه با نتایج منطق بولین متفاوت است. به‌طوری‌که طبقه خوب برای کاربری آبزی‌پروری از ۶۸ درصد به ۷۲ درصد تغییر یافته و در کاربری اکوتوریسم از ۲۵ درصد به ۳۰ درصد تغییر یافته است. اما بیشترین تغییر مساحت در طبقه نامناسب مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که میزان درصد این طبقه در کاربری آبزی‌پروری از ۱۴ درصد به ۵ درصد و در کاربری اکوتوریسم از ۶۹ درصد به ۵۹ درصد تغییر کرده است. در ظاهر ممکن است این تغییرات محسوس نباشد اما اگر همین تغییرات در مساحت‌های بزرگ اعمال شود، مساحت زیادی را شامل می‌شود. با توجه به مساحت منطقه، ملاحظه می‌شود که این تغییر درصدها، وسعت زیادی از منطقه را دربر می‌گیرد که تفاوت چشمگیری با منطق بولین پیدا می‌شود.



نمودار (۳): درصد طبقات مختلف برای کاربری وتوسعه اکوتوریسم



نمودار (۴): درصد طبقات مختلف برای کاربری وتوسعه آبزی‌پروری

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجایی‌که این تحقیق اولین پژوهش ارزیابی توان اکولوژیکی برای کاربری های مناسب با منطقه در سطح محدوده مطالعاتی است، به‌عنوان الگویی برای توسعه طرح های آبزی پروری و اکوتوریسم براساس توان اکولوژیکی در منطقه ارائه می‌شود که با توجه به اطلاعات موجود و کلیه بررسی های انجام شده پیشنهاد می‌شود که:

انجام ارزیابی آثار و پیامدهای محیط‌زیستی ناشی از توسعه طرح های آبزی‌پروری و اکوتوریسم قبل از اجرای هرگونه طرح در منطقه صورت پذیرد.

پس از تعیین مکان توسعه در سایت های دارای توان و انجام EIA توجه به امکان دسترسی به منطقه، سیستم دفع پساب و پسماند و تأمین آبرسانی ضروری به نظر می‌رسد.

جلوگیری از هرگونه توسعه بی‌رویه و غیر اصولی سایر کاربری های که در این منطقه نمی‌گنجد و منجر به از دست‌رفتن شرایط ویژه محیط زیستی و تخریب زیستگاه های حساس ساحلی و دریای منطقه خواهد شد، خودداری شود.

پیشنهاد می‌شود در ارزیابی‌های توان اکولوژیک مبحث منطق‌فازی وارد شود تا اشکالات مربوط به منطق بولین در این مورد مرتفع شود.

یادداشت ها

1. Digital Elevation Model

فهرست منابع

انصاری، ح. ۱۳۸۲. پایش و پهنه بندی خشکسالی با استفاده از منطق فازی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، رساله دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

جوادی پیربازاری، س.؛ محمدی، ک.؛ خدادادی، ا. ۱۳۸۷. ارزیابی زیست‌محیطی سد گتوندعلیا با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی، دانشگاه تهران، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران.

خدادادی، ا.؛ نظری، ح.؛ و جوادی، س. ۱۳۸۴. ارزیابی زیست‌محیطی سد با استفاده از چک لیست و ماتریس لئوپلد، پژوهشکده محیط‌زیست دانشگاه تربیت مدرس، گروه عمران محیط‌زیست.

مخدوم، م. ۱۳۹۰. شالوده آمایش سرزمین، چاپ دوازدهم، انتشارات دانشگاه تهران، ایران، ۲۸۹ ص.

نیکنام، ر. ۱۳۸۳. تهیه نقشه های آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی با استفاده از منطق فازی و کاربرد آن در دشت تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

Al- Faraj, A.; Meyer, G. E. & Horst, G. L. 2002. A crop water stress index for tall fescue Irrigation decision making a fuzzy logic method - Compute Electron Agri, Vol.32: 69- 84.

Bardossy, A. & Duckstein, L. 1995. Fuzzy Rule- Based Modeling with Application to Geophysical - Biological and Engineering Systems, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.

Biswas, A. K. & Agrawal, A. B. C. 1993. Environmental Impact Assessment for Developing Countries, Butterworth Press.

Bryan, B. A. 2003. Physical environmental modeling, visualization and query for supporting landscape planning decisions. L and scape and Urban Planning, 65: 237-259.

Etter, A.; Mcalpine, c.; Wilson, K.; Phinn, S. & Possingham, H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. Agriculture Ecosystems and environment, 114: 369-386.

Gislason, P. O.; Benediktsson, J. A. & Sviensson, J. 2005. Random Forests for land cover classification. Pattern Recognition Letters, 27: 294- 300.

Makhdoum, M. F. 2002. Degradation model, a quantitative EIA instrumwnt acting as a decision support system (DSS) for environmental management. Environ. Manage. 30(1):151- 156.

Malano, H. M. & Gao, G. 1992. Ranking and classification of irrigation system performance using fuzzy set theory: case studies in Australia and China, Irrigation and Drainage System, Vol.6: 129- 148.

McHarg, I. 1969 Design with Nature, Nature History Press, Garden City, New York.

Sam- Amoha, L. K. & Gowing, J. W. 2001. Assessing the performance of irrigation schemes with minimum data on water deliveries, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 50, pp. 31- 39.

Saruwatari, N. & Yomota, A. 1995. Forecasting system of irrigation water on paddy field by fuzzy theory- Agricultural Water Management, Vol. 28: 163- 178.

Smith, L. G. 1993. Impact Assessment and Sustainable Resource Management, Longman Group Press, 21 pp.

Zimmermann, H. J. 1995. Fuzzy Set Theory and its Application -Dordeche: Kluwer Nijhoff Publishing, Netherlands.