

## پیاده سازی مدل اکولوژیکی کشاورزی با رویکرد PROMETHEE II و Fuzzy AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان مرودشت)

حسین نصیری<sup>۱\*</sup>، سید کاظم علوی پناه<sup>۲</sup>، حمیدرضا متین فر<sup>۳</sup>، علی عزیزی<sup>۴</sup>، محمد حمزه<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه تهران

۲- استاد گروه کارتوگرافی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران Salavipa@ut.ac.ir

۳- استادیار علوم خاک شناسی دانشگاه لرستان matinfar44@gmail.com

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست دانشگاه تهران Aliazizi89@ut.ac.ir

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد RS & GIS دانشگاه تهران Hamzeh.mohamad@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۹

### چکیده

لزوم رعایت نکات آینده نگری و ترسیم سیمای آینده توسعه، گرایش‌ها را در زمینه برنامه ریزی و بهره برداری عقلانی از منابع، توان و پتانسیل مناطق سوق می دهد. ارزیابی توان اکولوژیکی به عنوان هسته مطالعات زیست محیطی با پیشگیری از بحران های محتمل، بستر مناسبی برای برنامه ریزی زیست محیطی فراهم می آورد. در این ارتباط سیستم اطلاعات جغرافیایی با توانایی بالا در مدیریت و ارائه ستاده های جدید به عنوان ابزاری کارآمد در برنامه ریزی های زیست محیطی مطرح می شوند. از این رو، در این پژوهش با استفاده از معیارهای نوع پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، اقلیم، ارتفاع، شیب، فرسایش خاک، زهکشی خاک و بافت خاک سعی شده تا توان اکولوژیکی کشاورزی منطقه مرودشت با استفاده از روش PROMETHEE II و Fuzzy AHP در رویکرد تلفیقی- ابتکاری با GIS، تعیین شود. در این پژوهش از روش PROMETHEE II برای رتبه بندی کامل آلترناتیوها استفاده شد، در حالی که از روش Fuzzy AHP برای اختصاص دادن وزن به هر یک از معیارها استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که منطقه مورد مطالعه دارای هر هفت طبقه کشاورزی و مرتعداری مدل مخدوم است. همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل حساسیت، حاکی از کارایی قابل قبول روش تلفیقی PROMETHEE II و Fuzzy- AHP در ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه است. روش پیشنهادی PROMETHEE II در این تحقیق مستقل از تعداد کاربری ها و معیارها ارائه شده است و می توان آن را با تغییرات لازم برای سایر مناطق و همچنین دیگر کارهای مکان یابی مورد استفاده قرار داد.

### کلید واژه

آمایش سرزمین، ارزیابی توان اکولوژیک، PROMETHEE II، Fuzzy AHP، GIS، مرودشت.

### سر آغاز

ناپایدار با دو شیوه مدیریت غلط در رابطه با بهره برداری از زمین و نادرستی نوع استفاده از سرزمین پرداخته است. الگوی نامناسب استفاده از سرزمین و تغییرات شدید در کاربری زمین باعث پیدایش بحران های زیست محیطی از جمله تخریب و آلودگی منابع آب و خاک، پیشروی رو به گسترش بیابان ها، فرسایش خاک، شور و اسیدی شدن آن، تهی شدن منابع و کاهش تنوع زیستی و استعداد و توانایی بهره وری سرزمین شده که با خروج از مدار توسعه پایدار، فعالیت های تولیدی نه فقط نسل های آینده بلکه نسل فعلی را نیز بشدت تحت تأثیر قرار خواهد داد (زاهدی پور و همکاران، ۱۳۸۴).

به عبارت ساده تر، عدم آگاهی در ارتباط با نوع استفاده از سرزمین به

بی شک از جمله بزرگترین چالش های پیش روی انسان قرن بیست و یکم کاهش بیش از اندازه منابع طبیعی است که همراه با پاره ای دیگر از عوامل چون رشد فزاینده جمعیت، افزایش آلودگی ها، نارسایی توزیع متعادل منابع، رشد صنعتی و اقتصادی در حال پی ریزی بحران جهانی هستند (میرمحمدی، ۱۳۸۶). در بسیاری موارد انسان در مواجهه با طبیعت و محیط زیست که بقای وی به طور اجتناب ناپذیری بدان وابسته است، شیوه معقولی را اتخاذ نکرده است و به جای جامع نگری و برنامه ریزی برای بهره برداری پایدار از محیط و منابع محدود پیرامونش، به بهره گیری و منفعت جویی

لازم برای توسعه صنعتی، شهری و روستایی و یا توان کشاورزی، جنگلداری، یا مرتعداری و ... را دارد؟ و در صورت دارا بودن نوع کاربری مناسب، ظرفیت تحمل و نرخ بارگذاری سرزمین چقدر است؟ در واقع ارزیابی توان گامی مؤثر به منظور به دست آوردن برنامه‌ای برای توسعه پایدار محسوب می‌شود، زیرا با شناسایی و ارزیابی ویژگی‌های اکولوژیک در هر منطقه برنامه توسعه می‌تواند همگام با طبیعت برنامه‌ریزی شود؛ بنابراین ارزیابی توان اکولوژیک به عنوان پایه و اساس آمایش سرزمین، و یا طرح ریزی محیط زیستی برای کشورهایی که در صدد دستیابی به توسعه پایدار همراه با حفظ منافع نسل‌های آتی هستند، اجتناب ناپذیر است (توفیق، ۱۳۸۴).

از آنجا که بیشتر پدیده‌های محیط زیستی دارای ماهیت مکانی-زمانی هستند، می‌توان از سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> (GIS) در بررسی این پدیده‌ها استفاده کرد و مدل‌هایی را ایجاد کرد که با آن بتوان در موارد مختلف، برنامه ریزی، مدیریت و در پایان تصمیم‌گیری کرد.

سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با داشتن خصوصیات ماند توانایی اخذ و تبادل از منابع مختلف، سازماندهی، دریافت و نمایش بموقع اطلاعات، تجزیه و تحلیل داده‌های گوناگون و امکان ارائه خدمات چند منظوره، به عنوان ابزاری کارآمد در برنامه ریزی‌های زیست محیطی، بویژه ارزیابی‌های چندعامله مطرح است (کرم، ۱۳۸۴). طی دو دهه گذشته تاکنون این فناوری در زمینه‌های گسترده‌ای چون محیط زیست، مدیریت و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم<sup>۲</sup> (DSS)، پزشکی، مدیریت بحران و ... استفاده شده است و اهمیت آن روزبه‌روز در حال افزایش است.

کشاورزی به عنوان فعالیتی که به‌طور تنگاتنگ با محیط طبیعی سروکار دارد، برای کارایی بالاتر و تناسب بیشتر با محیط زیست، نیازمند شناسایی علمی روزافزون توان محیطی است. در این پژوهش، شهرستان مرودشت که دارای شرایط مساعد کشاورزی است و نسل‌های متمادی آن از این راه امرار و معاش و زندگی می‌کرده‌اند، مورد مطالعه قرار گرفته است. کشاورزی در این منطقه همواره بر اساس تجربه کشاورزان و آزمایش و خطا انجام می‌شده و تقریباً استعداد و توان واقعی منطقه، مورد مطالعه و بررسی جدی قرار نگرفته است. همچنین با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه و کمبود زمین‌های هموار و وجود شهر مرودشت و جذب جمعیت زیاد این شهر گاهی کاربری‌های خلاف توان اکولوژیک منطقه گسترش

موازات مدیریت غلط و روش بهره‌برداری نادرست، استفاده غیر منطقی انسان از سرزمین را باعث شده است.

به طور خلاصه می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که عامل کاهش بیش از حد منابع، استفاده غیر منطقی انسان از سرزمین است (Sicat, et al., 2005). بنابراین انسان در راستای کاهش، و یا جلوگیری از این بحران باید در پی چاره‌ای برای پیشگیری از کاهش بیش از اندازه منابع طبیعی باشد. زیرا سرزمین منبعی محدود و آسیب پذیر است، ولی بسیاری از سودمندی‌های آن اگر بیجا از آن استفاده نشود، ابدی و قابل تجدیدند (Miller, 1995).

خوشبختانه انسان متمدن به فکر چاره‌جویی افتاده است. از اواخر قرن میلادی گذشته انسان به این نکته پی برد که برای آن که بخواهد بهره‌برداری با صرفه اقتصادی و مستمر از سرزمین داشته باشد بهتر است که روند بهره‌برداری را در چهارچوبی برنامه‌ریزی شده به نام طرح مدیریت و آمایش به اجرا گذارد. از آن زمان کم کم طرح‌های جنگلداری، مرتعداری، شهرسازی و مدیریت شهر و شهرک، مدیریت کشاورزی، دامداری، مدیریت شیلات و آبی‌پروری، پارکداری و مدیریت توسعه در جهان پا گرفت (Malhotra, 1980).

به‌طور کلی آنچه تحت عنوان آمایش سرزمین از آن یاد می‌شود عبارت است از: "تنظیم رابطه بین انسان، سرزمین و فعالیت‌های انسان در سرزمین به منظور بهره‌برداری درخور و پایدار از جمیع امکانات انسانی و فضایی سرزمین به منظور بهبود وضعیت مادی و معنوی اجتماع در طول زمان". به عبارت ساده‌تر انسان باید آن استفاده‌ای را از زمین بکند که ویژگی‌های طبیعی (اکولوژیکی) سرزمین دیکته می‌کند و سپس این ویژگی‌ها را با نیازهای اقتصادی و اجتماعی خود وفق دهد (مخدوم، ۱۳۸۴).

ارزیابی توان اکولوژیکی محیط زیست، یا سرزمین، مرحله میانی فرایند آمایش سرزمین و وقت‌گیرترین و مشکل‌ترین مرحله آمایش سرزمین است (Basinski, 1985). ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین همان شناسایی توانایی‌ها و توانمندی‌ها، امکانات و محدودیت‌های منطقه از نظر منابع اکولوژیک پایدار (شامل توپوگرافی، خاک، زمین، پوشش گیاهی) و منابع اکولوژیک ناپایدار (شامل منابع آب، اقلیم، حیات وحش و ...) برای انواع مختلف کاربری است (مخدوم، ۱۳۸۴).

بدین مفهوم که چه نوع سرزمین، یا چه نوع پهنه‌ای توان چه نوع کاربرد، یا استفاده‌ای را دارد. به عبارت دیگر، آیا سرزمین توان

در این تحقیق ابتدا نقشه‌های پایه استان شامل توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، زمین شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، اقلیم، سنگ شناسی، منابع آب و ... جمع آوری شد و سپس با ایجاد مدل رقومی ارتفاع و نقشه شکل زمین برای کل پهنه استان مرکزی و همین‌طور نقشه یگان‌های زیست محیطی پایه ۱، ۲ و ۳، نسبت به تعیین کاربری‌های کشاورزی در ۷ طبقه توان اقدام شد.

نتایج حاصل نشان داد که مناطق با درجه توان ۱ به طور عمده در اطراف منابع آب زیرزمینی بیشتر از ۷۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال با شیب ۰-۰/۵ و خاک‌های با درجه حاصلخیزی بالا با بافت عمیق و فرسایش کم وجود دارند.

محمودی (۱۳۸۶)، به ارزیابی توان تفرجگاهی سامان عرفی منج در جنگل‌های محدوده شهرستان لردگان اشاره کرده که از روش ارزیابی پارامتریک مبتنی بر تلفیق بهینه و امتیازدهی به شاخص‌های مربوط در محیط GIS استفاده کرده و عرصه‌های مناسب برای طرح‌ریزی تفرجی به دو شکل متمرکز و گسترده در سامان عرفی منج شناسایی و رضامندی تفرجی آنها مشخص شده است.

مینیایی (۱۳۸۸)، مدل آمایشی کشاورزی را با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه فریدون شهر اجرا کرد. در این مطالعه با توجه به اطلاعات شیب، بافت خاک، ساختمان خاک، عمق خاک و ... مناطق مساعد را بر حسب درجه توان آنها برای کشاورزی شناسایی کرد.

نتایج حاصل از بکارگیری منطق فازی در مطالعات آمایشی نسبت به سایر مدل‌های استفاده شده در تحقیق حاکی از این بود که منطق فازی نتایج دقیق‌تری نسبت به سایر روش‌های متداول ارزیابی توان ارائه می‌دهد.

Mansir (۲۰۰۷)، در مقاله خود با عنوان سیستم اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چند معیاره برای برنامه ریزی مناسب جهانگردی، از روش AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کرده است. این مطالعه ارزش و تنوع زیستی تالاب منطقه جوهور رمسر در مالزی را برای حفاظت و توسعه مورد بررسی قرار داده است. معیارهای بررسی شده شامل کلاس سنی درخت، فصل برداشت، میزان گیاهان در معرض خطر، مجاورت زیستگاه در استفاده از سرزمین طبیعی/ پوشش گیاهی، مناطق زیستگاه و کیفیت آب است. نتایج مطالعه حاکی از توانایی MCDM<sup>5</sup> ها در تلفیق با GIS برای برنامه‌ریزی جهانگردی است.

یافته‌اند که گسترش شهر در اراضی مرغوب کشاورزی از آن جمله است؛ بنابراین ضرورت تعیین کاربری اراضی بر اساس توان اکولوژیکی را در این منطقه بیش از پیش مطرح می‌کند.

بدین منظور، در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از روش PROMETHEE II و Fuzzy AHP<sup>3</sup> در تلفیق با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در رویکردی ابتکاری به ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی منطقه مرودشت پرداخته شود. از روش Fuzzy AHP به منظور کمی سازی قضاوت‌های ذهنی افراد یعنی تعیین وزن هر یک از معیارها، استفاده شد.

در حالی که از روش PROMETHEE II برای تعیین ارجحیت آترناتیوها بر پایه وزن‌های به‌دست آمده از Fuzzy AHP استفاده شده است. این روش پیشنهادی (PROMETHEE) می‌تواند به عنوان الگویی برای مدیران محیط زیست در مطالعات آمایش سرزمین و سایر امور برنامه ریزی و مکان‌یابی مفید باشد.

### پیشینه تحقیق

PROMETHEE یکی از روش‌های نسبتاً جدید از سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که Barns آن را ابداع کرد و برای اولین بار در سال ۱۹۸۲ در کنفرانسی در دانشگاه Laval در شهر Quebec کشور کانادا ارائه شد (Barns, 1982) و بوسیله وینکه و بارنز آن را بیشتر توسعه دادند (Barns, et al, 1986). این روش، یکی از روش‌های نوین نارتبه ای<sup>۴</sup> است که از زمان ارائه آن تا کنون به‌صورت علمی در زمینه‌های مختلف از جمله: برنامه‌ریزی شهری (Queirugaet, et al., 2008)، انرژی (Opricovic & Tzeng, 2007 2007)، سرمایه‌گذاری در بازار بورس (Albadvi, et al., 2007)، حمل و نقل (Elevli & Demirci, 2004) و کشاورزی (Kokot & Phuong, 1999) استفاده شده است.

بررسی‌های گسترده محققان پژوهش حاضر حاکی از آن است که روش PROMETHEE تا کنون برای مطالعات آمایشی (ارزیابی توان اکولوژیکی) به کار گرفته نشده است.

مطالعات آمایشی به طور گسترده در گذشته و همچنین هم‌اکنون در حال انجام هستند، از جمله منابع در مورد آمایش سرزمین می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

میرداوودی و همکاران (۱۳۸۶)، در مطالعه خود به بررسی و تعیین توان اکولوژیکی استان مرکزی از نظر کشاورزی و مرتعداری با استفاده از GIS پرداختند.

اطلاعات و همچنین مفید بودن برای ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی است.

### مواد و روشها

#### منطقه مورد مطالعه

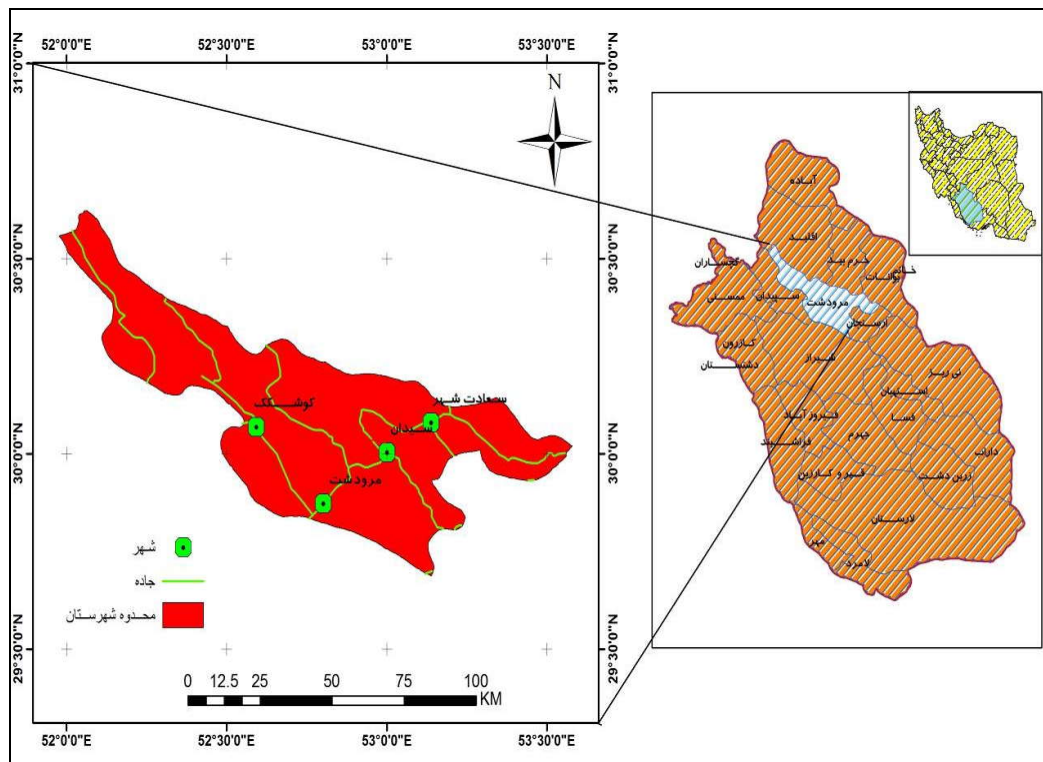
شهرستان مرودشت بین ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی در استان فارس قرار دارد. از نظر تقسیمات سیاسی بین شهرستان‌های ارسنجان، بوانات، شیراز، سپیدان و نیریز واقع شده است.

ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۲۰ متر است. شهرستان مرودشت در ۴۵ کیلومتری شمال شرقی شیراز بر روی دشت وسیع و حاصلخیز مرودشت با مساحت ۴۶۴۹ کیلومتر مربع حدود ۳ درصد مساحت استان فارس را به خود اختصاص داده است. این شهرستان طبق آخرین تقسیمات سیاسی کشور در سال ۱۳۸۵ دارای پنج بخش "سعادت آباد، سپیدان، مرکزی، کامفیروز، دوروزن" است، که در شکل شماره (۱) نشان داده شده است.

Qiao (۲۰۰۸) در مطالعه، منطقه فینگ کوان از توابع شهر زینیانگ چین، مدل مناسبی برای توسعه جهانگردی در مناطق حومه شهری ارائه داد. در این تحقیق از مدل AHP استفاده شده، که در سطح اول، هدف پروژه شامل ایجاد و گسترش گردشگری در منطقه فینگ کوان شهر زینیانگ و در سطح دوم ۴ معیار شامل اهمیت اکولوژیکی، اهمیت اقتصادی، اهمیت چشم انداز، اهمیت اجتماعی بود. در پایان به این نتیجه رسیدند که منطقه با مقیاس ۸۹ درصد برای توسعه جهانگردی مناسب است.

Reshmidevi و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود با استفاده از سیستم استنتاج فازی در رویکردی تلفیقی با GIS به ارزیابی توان کشاورزی حوضه آبخیز بنگال غربی پرداختند. در این تحقیق برای ارزیابی توان کشاورزی از دو روش ترکیب خطی وزنی و روش ترکیبی یاگر استفاده شد.

در منطقه مورد مطالعه روش ترکیبی یاگر مناسب‌تر از روش ترکیب خطی وزنی نتیجه داد. نتایج حاصل از ادغام سیستم استنتاج فازی با GIS حاکی از توانایی این روش در بررسی مقدار زیادی از



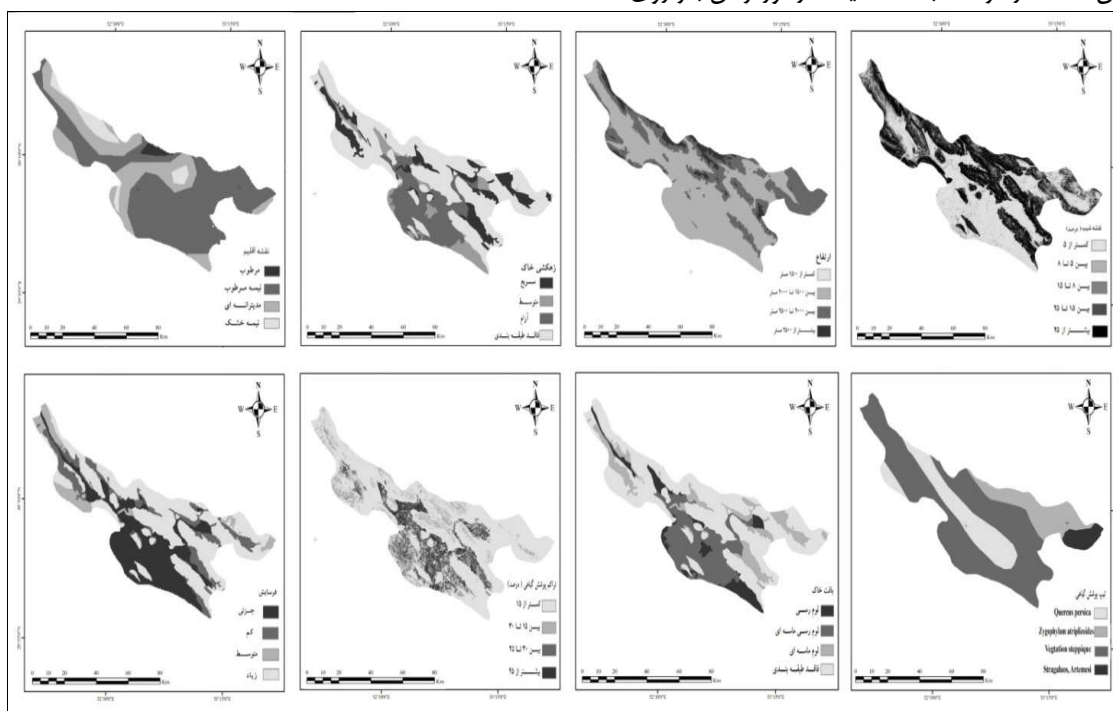
شکل شماره (۱) : موقعیت شهرستان مرودشت در استان فارس

### جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر مجموعه داده‌های ۸ معیار انتخابی برای منطقه مرودشت، از منابع مختلف گردآوری شد. نقشه تراکم پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه از طریق طبقه بندی و تفسیر تصاویر چند طیفی سال ۲۰۱۱ سنجنده TM ماهواره لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استخراج شد. برای تهیه نقشه شیب، ارتفاع، لایه اطلاعاتی مربوط به مؤلفه‌های خاک و نوع پوشش گیاهی به ترتیب از مدل رقومی ارتفاع مستخرج از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری و نقشه ۱:۵۰۰۰۰ مؤسسه تحقیقات آب و خاک استفاده شد. همچنین لایه اقلیم منطقه مورد مطالعه بر اساس اقلیم نمای دومارتن تهیه شد. رقومی سازی نقشه‌های موضوعی از طریق نرم افزار IDRISI 15 انجام شد.

برای تولید نقشه‌های موضوعی به شکل رقومی، ابتدا نقشه‌های کاغذی اسکن شدند. در مرحله بعد، عملیات ژئورفرنس بر روی

نقشه‌های اسکن شده انجام گرفت. سپس رقومی سازی نقشه‌های موضوعی تأثیرگذار در امر ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی انجام گرفت. به منظور اجرای روش پیشنهادی PROMETHEE II، همه لایه‌های معیارها به فرمت رستر با پیکسل سایز ۳۰ متر در ۳۰ متر تبدیل شدند. نقشه‌هایی چون بافت خاک، زهکشی خاک، فرسایش پذیری خاک، اقلیم و نوع پوشش گیاهی که ساختاری کیفی دارند، بایستی به فرمت رستری با ساختار کمی تبدیل شوند. ۸ لایه آماده شده، به عنوان لایه‌های داده‌های ورودی مورد استفاده در مدل پیشنهادی، در شکل شماره (۲) نشان داده شده‌اند. منظور از فاقد طبقه‌بندی در لایه‌های ورودی، بخش‌ها، یا عرصه‌هایی هستند که فاقد خاکند و در اصل این بخش‌ها منطبق بر اراضی صخره‌ای و فاقد پوشش خاک هستند که از آنها نمونه‌برداری برای تهیه نقشه خاک صورت نگرفته است.



شکل شماره (۲) : لایه‌های ورودی برای اجرای مدل پیشنهادی برای ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی و مرتعداری

ویژگی اصلی PROMETHEE، این است که اطلاعات مورد نیاز این روش برای تحلیل گران و تصمیم گیرندگان کاملاً واضح و قابل فهم است و در واقع یکی از قابل درک ترین روشهای چند معیاره است (Pomerol and Barba-Romero, 2000). اطلاعات مورد نیاز برای روش PROMETHEE به دو دسته تقسیم می‌شوند (Barns et al, 1986):

### مروری بر روش PROMETHEE:

روش PROMETHEE یکی از روشهای نو نارتبه‌ای است که برای رتبه‌بندی مجموعه متناهی از گزینه‌ها در میان معیارهای بیشتر متناقض استفاده می‌شود (Behzadian and Pirdashti, 2009). در واقع این مدل طراحی شده است تا مسائل چند معیاره را حل کند.

### • وزن یا اطلاعات بین معیارها

اطلاعات بین معیارها در واقع وزن‌هایی است که اهمیت نسبی معیارهای مختلف را نشان می‌دهد. در روش PROMETHEE II، فرض مدل بر این است که تصمیم گیرنده خود قادر به تعیین وزن‌هاست. وزن‌ها اعدادی غیر منفی بوده و مستقل از واحد اندازه گیری معیارها هستند. از آنجا که می‌توان وزن‌ها را به صورت نرمال وارد کرد، پس خواهیم داشت:

$$\sum_{j=1}^k W_j = 1 \quad (۱) \text{ رابطه}$$

که  $W$  وزن مربوط به معیارها و  $k$  تعداد معیارهاست. وزندهی به معیارها در این روش ساده نیست بلکه به دانش و تجربه تصمیم گیرنده بستگی دارد. در این تحقیق از وزن‌های روش Fuzzy AHP برای وزندهی به معیارهای تعیین شده استفاده شد.

### • تابع ترجیح یا اطلاعات داخل هر معیار

توابع ترجیح اختلاف مابین دو آلترناتیو را برای معیاری مشخص به درجه‌ای از رجحان که از صفر تا یک متغیر است، تبدیل می‌کنند. برای هر معیار تصمیم گیرندگان باید یک تابع ترجیح انتخاب کنند. توابع ترجیح بیشماری را در این مورد می‌توان تعریف کرد ولی اغلب از این شش تابع ترجیح یعنی تابع خطی، تابع گاوسی، تابع معمولی، تابع مسطح، تابع  $V$  شکل و تابع  $U$  شکل استفاده می‌شود (Barns et al, 1986). شکل شماره (۳) انواع توابع

ترجیح را نشان می‌دهد. در هر یک از این توابع، حداکثر ۲ تا ۳ مشخصه می‌باید تنظیم شود.

این مشخصه‌ها عبارتند از:

۱- آستانه بی تفاوتی  $q$ : بزرگترین انحراف قابل اغماض در نظر گرفته شده در آن معیار.

۲- آستانه ترجیح  $P$ : کوچکترین انحراف در نظر گرفته شده برای تعیین رجحان کامل توسط تصمیم گیرندگان. آستانه بی تفاوتی  $q$  و آستانه ترجیح  $P$  به ترتیب با توجه به مقیاس اندازه‌گیری، مقادیری کوچک و بزرگ هستند.

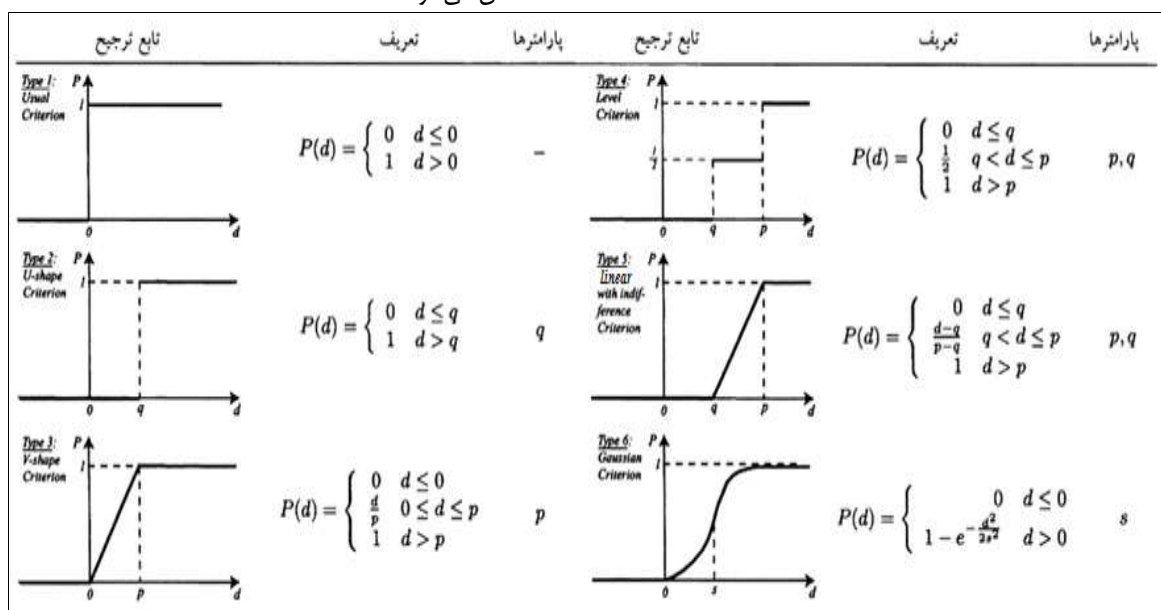
۳- آستانه گاوسی  $S$ : نقطه عطف تابع ترجیح گاوسی است. مقدار آستانه گاوسی  $S$ ، معمولاً مقداری بین مقدار  $P$  و  $q$  در نظر گرفته می‌شود.

مراحل پیاده سازی روش PROMETHEE II به صورت زیر خلاصه می‌شود (Zhu, et al., 2010):

۱. آلترناتیوها به صورت زوجی برای هر معیار مقایسه می‌شوند (رابطه ۲). سپس، انحراف برای یک مقدار در فاصله  $\{0, 1\}$  (صفر برای عدم ارجحیت و یک برای ارجحیت کامل) با تابع ترجیح  $P_j(a, b)$  مشخص می‌شود (رابطه ۳).

$$P_j(a, b) = G_j(a) - G_j(b) \quad (۲) \text{ رابطه}$$

که اختلاف بین آلترناتیو  $a$  و  $b$  در معیار  $j$  به صورت  $(a, b)$  مشخص می‌شود.



شکل شماره (۳): انواع توابع ترجیح برای روش PROMETHEE II (منبع: Barns, 1982)

### وزن دهی معیارها با استفاده از روش Fuzzy AHP باکلی<sup>۶</sup>

در پژوهش حاضر برای تعیین وزن‌های هر یک از عوامل تأثیرگذار در ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) استفاده شد. در واقع مرحله ای که دو روش PROMETHEE و Fuzzy AHP را به هم پیوند می‌دهد، مرحله وزن‌دهی به معیارهاست. روش Fuzzy AHP ارائه شده توسط باکلی، شکل تعمیم یافته‌ای از روش AHP کلاسیک است. در این روش برای مقایسه زوجی گزینه‌ها از اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن‌ها و ارجحیت‌ها از روش میانگین‌گیری هندسی استفاده می‌شود. چرا که این روش بسادگی به حالت فازی قابل تعمیم است و همچنین جواب یگانه‌ای برای ماتریس مقایسه‌ای زوجی تعیین می‌کند. در این روش شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقایسه‌ای زوجی المان‌های هر سطح را در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان کند (عطایی، ۱۳۸۹). حال با توجه به مطالب فوق‌الذکر، الگوریتم روش باکلی را می‌توان در قالب سه گام زیر بیان کرد (کوره پزان دزفولی، ۱۳۸۴). گام اول- در این گام ماتریس‌های مقایسه‌ای زوجی توسط شخص تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود. المان‌های این ماتریس‌ها، اعداد فازی ذوزنقه‌ای خواهند بود. چنانچه ارجحیت المان I ام بر المان J ام را با  $\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, b_{ij}, d_{ij})$  نشان دهیم، آنگاه ارجحیت المان J ام بر المان I ام به صورت زیر خواهد بود:

$$\tilde{a}_{ji} = \left( \frac{1}{d_{ij}}, \frac{1}{c_{ij}}, \frac{1}{b_{ij}}, \frac{1}{a_{ij}} \right)$$

در صورتی که  $I = J$  باشد،  $\tilde{a}_{ji} = (1, 1, 1, 1)$  خواهد بود.

گام دوم- در این گام، وزن‌های فازی  $(\tilde{w}_i)$  محاسبه می‌شود. برای این کار ابتدا میانگین هندسی هر سطر از ماتریس‌های مقایسه‌ای زوجی با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$\tilde{Z}_i = (\tilde{a}_{i1} \cdot \tilde{a}_{i2} \cdot \dots \cdot \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad \text{رابطه (۸)}$$

سپس وزن فازی  $(\tilde{w}_i)$  از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\tilde{W}_i = \tilde{Z}_i \cdot (\tilde{Z}_1 \oplus \tilde{Z}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{Z}_n)^{-1} \quad \text{رابطه (۹)}$$

عملگرهای ضرب و جمع در روابط فوق، عملگرهای فازی هستند.

رابطه (۳)  $P_j(a, b) = F_j [dj(a, b)]$   $j=1, k$  که  $P_j(a, b)$  رجحان آترناتیوهای  $a$  با توجه به آترناتیوهای  $b$  در هر معیار به عنوان تابع  $d_j(a, b)$  مشخص می‌کند.

۲. محاسبه شاخص رجحان کلی آترناتیو  $a$  روی  $b$  برای همه معیارها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\forall a, b \in A, \quad \pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) w_j \quad \text{رابطه (۴)}$$

که  $A$  مجموع همه آترناتیوهاست و  $W$  وزن وابسته به معیار است.

۳. محاسبه جریان نارته‌ای مثبت  $(\phi^+(a))$  و جریان نارته‌ای منفی  $(\phi^-(a))$  برای هر آترناتیو که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad \text{رابطه (۵)}$$

و

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad \text{رابطه (۶)}$$

که  $n$  تعداد آترناتیوهایی است که مشاهده می‌شود. جریان نارته‌ای مثبت نشان می‌دهد که آترناتیو  $a$  چقدر بر سایر گزینه‌ها اولویت دارد. این جریان در حقیقت توان آترناتیو  $a$  است. بزرگترین  $(\phi^+(a))$  به معنای بهترین گزینه است. ولی جریان نارته‌ای منفی نشانگر میزان اولویت سایر گزینه‌ها نسبت به آترناتیو  $a$  است. این جریان در حقیقت ضعف گزینه  $a$  است و کوچکترین  $(\phi^-(a))$  نشان دهنده بهترین گزینه است.

۴. محاسبه جریان نارته‌ای خالص:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad \text{رابطه (۷)}$$

که  $\phi(a)$  جریان نارته‌ای خالص را برای هر آترناتیو مشخص می‌کند. این جریان حاصل توازن میان جریان‌های رته‌بندی مثبت و منفی است. جریان خالص بالاتر نشان دهنده گزینه ارجح‌تر است و بالعکس.

در اینجا فقط به جدول اعداد فازی، اوزان فازی و دی فازی اوزان اکتفا می شود. جدول شماره (۱)، جدول اعداد فازی را به همراه وزن های نهایی استخراج شده از نرم افزار Matlab 7.9 را نشان می دهد.

گام سوم- در این گام با ترکیب ارجحیت ها و وزن های به دست آمده در گام قبل، مقادیر رضامندی فازی،  $\tilde{U}_i$  با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{W}_j \tilde{r}_{ij} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

**جدول شماره (۱) : جدول اعداد فازی به همراه وزن های نهایی استخراج شده از نرم افزار Matlab**

وزن نهایی	اوزان فازی	نوع پوشش گیاهی	اقلیم	تراکم پوشش گیاهی	ارتفاع	شیب	فرسایش پذیری خاک	زهکشی خاک	بافت خاک	معیار
-/۱۸۲۹	(/۰.۰۶۳/۰.۱۵۵/۰.۱۹۴۵/۴۶۲۹)	(۳.۲.۲.۱)	(۳.۲.۲.۱)	(۳.۲.۲.۱)	(۳.۲.۱.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۱.۱.۱)	بافت خاک
-/۱۲۲۶	(/۰.۰۳۸۸/۰.۰۹۱۳/۰.۱۳۴۷/۳۴۱۵)	(۱.۲.۳.۴)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱.۲.۳.۴)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱.۲.۳.۴)	(۱.۱.۱.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	زهکشی خاک
-/۰.۷۷۷	(/۰.۰۲۹۵/۰.۰۶۴۵/۰.۰۸۱۸/۲۳۳۰)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱.۲.۳.۳)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱.۱.۱.۱)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	فرسایش پذیری خاک
-/۲۵۵۸	(/۰.۰۷۲۳/۰.۲۰۲۰/۰.۲۸۳۳/۶۱۳۲)	(۱.۲.۳.۴)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۲.۳.۴)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۱.۱.۱)	(۱.۲.۳.۴)	(۱.۲.۳.۴)	(۱.۲.۲.۳)	شیب
-/۱۰۶۴	(/۰.۰۳۶۴/۰.۰۸۴۹/۱۱۵۷/۰.۲۶۷۲)	(۱.۲.۲.۳)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۱.۱.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱.۱)	ارتفاع
-/۱۱۰۵	(/۰.۰۰۴۰۳/۰.۰۹۶۰/۰.۱۱۵۷/۳۰۶۶)	(۱.۲.۲.۳)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱.۱.۱.۱)	(۱/۱.۳/۱.۲/۱.۲)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۲.۲.۳)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	تراکم پوشش گیاهی
-/۱۳۱۱	(/۰.۰۰۴۶۲/۰.۱۱۴۲/۰.۱۳۷۶/۳۵۱۷)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۱.۱.۱)	(۱.۲.۲.۳)	(۱.۲.۲.۳)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱.۲.۲.۳)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	اقلیم
-/۰.۷۷۷	(/۰.۰۲۹۵/۰.۰۶۴۵/۰.۰۸۱۸/۰.۲۳۳۰)	(۱.۱.۱.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱.۲.۲.۳)	(۱/۴.۱/۳.۱/۲.۱)	(۱/۳.۱/۲.۱/۲.۱)	نوع پوشش گیاهی

$$s = (\bar{X} - X_{\min}) + 2\sigma \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

که  $\bar{X}$ ،  $\sigma$  و  $X_{\min}$  به ترتیب میانگین، انحراف معیار و حداقل مقدار همه آلترناتیوها در یک معیارست. همچنین برای معیارهای گسسته از تابع V شکل استفاده شد. مقدار آستانه p برای این تابع ترجیح بر اساس تفاضل بین مقادیر حداکثر و حداقل آلترناتیوها محاسبه شد. به منظور تعیین وزن هر یک از معیارها، از روش Fuzzy AHP استفاده شد.

شکل شماره (۴) سلسله مراتب معیارها و جدول شماره (۲)، مشخصه های ضروری و لازم را برای پیاده سازی روش PROMETHEE II نشان می دهد

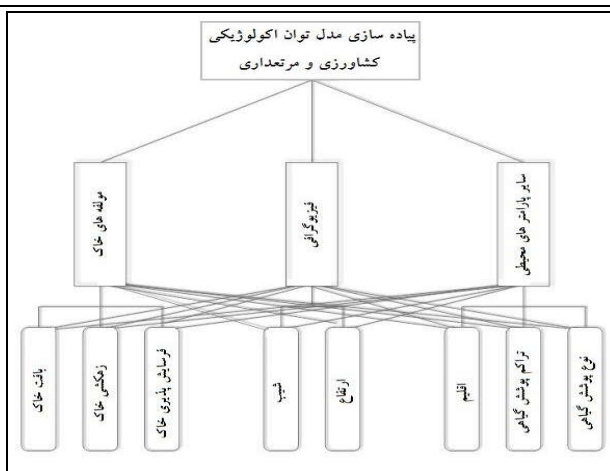
## تعیین مشخصه های ضروری برای روش PROMETHEE

### II

در این مطالعه، برخی معیارها از نظر نوع اثر معیار، دارای اثر کمینه (فرسایش پذیری خاک، شیب و ارتفاع) و برخی دیگر دارای اثر بیشینه (بافت خاک، زهکشی خاک، پوشش گیاهی، اقلیم و تراکم پوشش گیاهی) هستند.

از نظر نوع تابع ترجیح، بارنز و همکاران (۱۹۸۵) بر استفاده از تابع گاوسی برای کاربردهای عملی، بخصوص برای داده های پیوسته تأکید داشتند. بر همین اساس، در این مطالعه برای داده های پیوسته از تابع ترجیح گاوسی استفاده شد و آستانه S از طریق فرمول زیر محاسبه شد:





شکل شماره (۴) سلسله مراتب معیارها در فرایند وزن دهی در روش Fuzzy AHP  
جدول شماره (۲) : مشخصه های ضروری برای معیارها در روش PROMETHEE II

وزن معیارها (به درصد)	مشخصه p	مشخصه s	واحد	نوع تابع ترجیح	نوع اثر معیار	نام معیار
۰/۲۵۵۸	-	۳۵/۲۹	درصد	Gaussian	Minimize	شیب
۰/۱۸۲۹	۲	-	-	V-shape	Maximize	بافت خاک
۰/۱۲۲۶	۲	-	-	V-shape	Maximize	زهکشی خاک
۰/۱۰۶۴	-	۱۸۲۷/۸۵	متر	Gaussian	Minimize	ارتفاع
۰/۰۷۷۷	۳	-	-	V-shape	Minimize	فرسایش پذیری خاک
۰/۱۳۱۱	۲	-	-	V-shape	Maximize	اقلیم
۰/۱۱۰۵	-	۰/۵۳۵	درصد	Gaussian	Maximize	تراکم پوشش گیاهی
۰/۰۷۷۷	۲	-	-	V-shape	Maximize	نوع پوشش گیاهی

منبع: نگارندگان

استخراج شدند و در ۸ رسته (Field) جداگانه ای در پایگاه داده ذخیره شدند. گرچه، برای اجرای روش PROMETHEE II برخی از نرم افزارها می توانند (مانند، D-sight, Decision Lab. و غیره) استفاده شوند، اما در این مطالعه، به دلیل حجم بسیار بالای پایگاه داده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB، استفاده شد. سپس پایگاه داده وارد محیط نرم افزار MATLAB شد.

در مرحله بعد، مشخصه های ضروری روش PROMETHEE II مانند نوع اثر معیار، نوع تابع ترجیح، مشخصه های مورد نیاز برای تابع ترجیح و وزن های مربوط به معیارها که در جدول شماره (۱ و ۲) ذکر شده است، تعیین شدند. سپس، مقادیر جریان خالص نارتهای برای هر آلترناتیو (هر پیکسل مجموعه داده های رستری) از طریق نرم افزار MATLAB محاسبه شد.

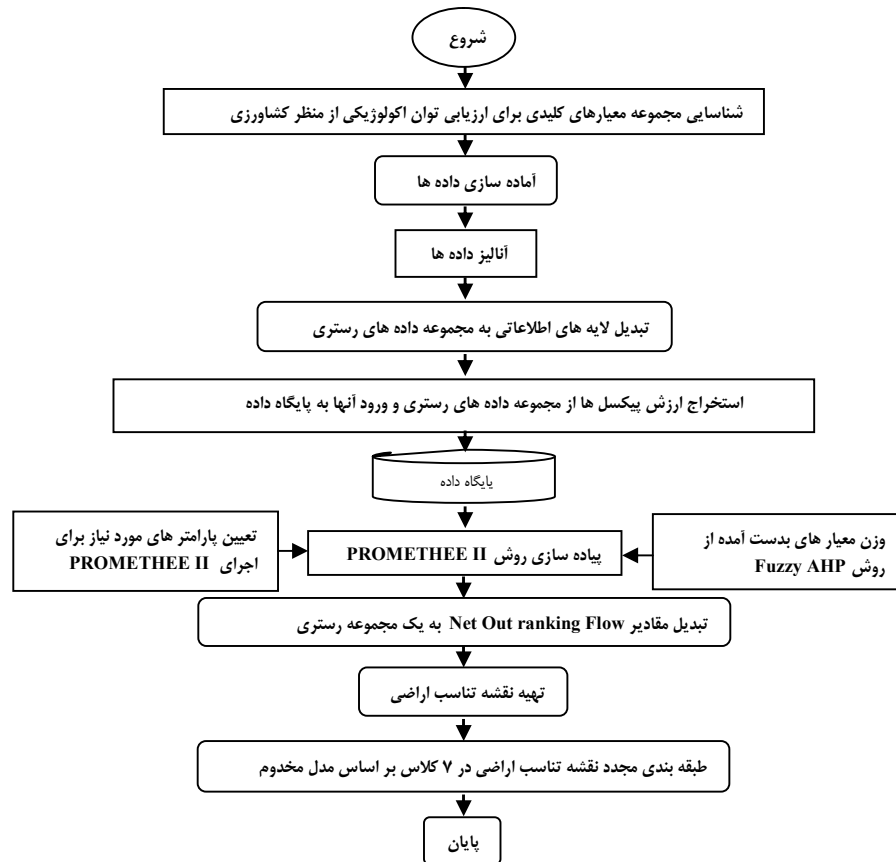
## بحث و نتایج

### ارزیابی توان اکولوژیکی از نظر کشاورزی و مرتعداری با

#### استفاده از روش PROMETHEE II

روند کلی پژوهش حاضر برای ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی با استفاده از روش PROMETHEE II در شکل شماره (۵) نشان داده شده است. پردازش و تحلیل داده ها در این تحقیق با توجه به مشخصه های بافت خاک، زهکشی خاک، فرسایش پذیری خاک، شیب، ارتفاع، نوع پوشش گیاهی، اقلیم و تراکم پوشش گیاهی صورت گرفته است.

پس از آماده سازی و تهیه لایه های اطلاعاتی بر اساس روند نام، برای اجرای روش PROMETHEE II، ابتدا ۸ لایه اطلاعاتی به صورت رستری وارد محیط GIS شده و تحلیل های مکانی اولیه بر روی آنها انجام گرفت. سپس مقادیر پیکسل های مجموعه داده های رستری مرتبط با معیارهای ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی،



شکل شماره (۵) : روندنما جهت پیاده سازی مدل پیشنهادی برای ارزیابی توان اکولوژیکی از نظر کشاورزی و مرتعداری

می دهد که مناطق با توان کشاورزی یک تا سه به طور عمده از نظر شیب در شیب های ۰ تا ۵ درصد و خاکهای با درجه حاصلخیزی بالا (بافت رسی لومی و شنی) و با فرسایش کم وجود دارند. در این گونه مناطق، خاک استعداد زیادی برای کشت دایم و منظم محصولات کشاورزی (غلات، دانه های روغنی، سبزی ها، صیفی جات و علوفه) بدون مواجه شدن با خسارت را دارد.

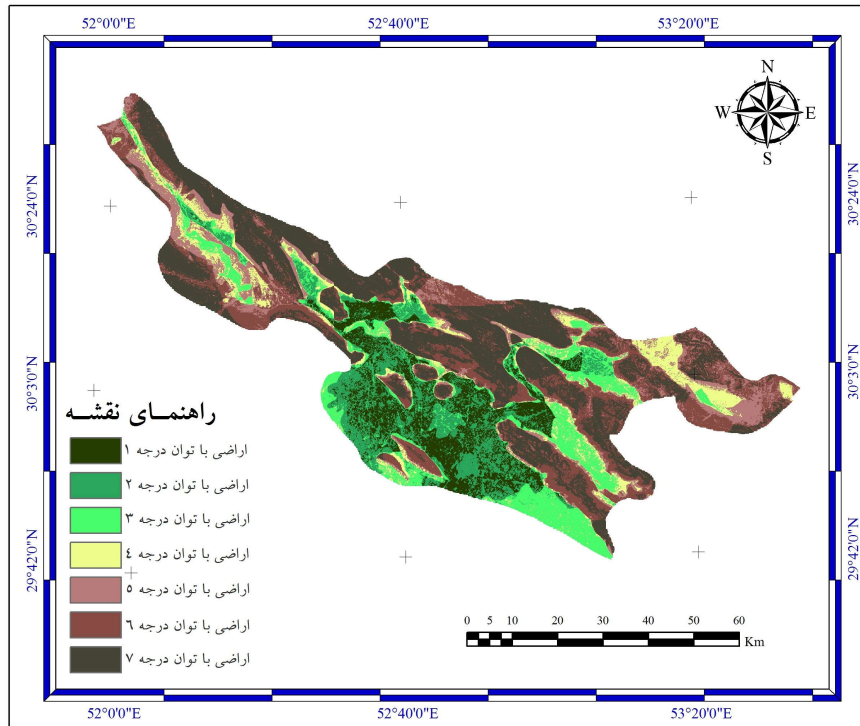
شکل شماره (۷) نمودار تحلیل حساسیت هر یک از مشخصه های ورودی در مدل است. برای تجزیه و تحلیل حساسیت، عرصه های با توان یک، دو و سه تعیین شده با روش PROMETHEE II در هر یک از مشخصه ها مورد بررسی قرار گرفت و میزان انطباق عرصه های با توان یک، دو و سه با کلاس های مناسب هر یک از مشخصه های ورودی محاسبه شد. برای نمونه این نمودار مبین این است که ۸۷ درصد عرصه های با توان اکولوژیکی یک، دو و سه حاصل از روش PROMETHEE II منطبق بر بافت خاک لوم رسی است. در مشخصه شیب، ۹۶ درصد عرصه های با توان اکولوژیکی یک، دو و سه منطبق بر شیب ۰-۸ درصد، در مشخصه تراکم پوشش گیاهی ۸۹ درصد عرصه های

در پایان، مقادیر جریان خالص نارتهای به مجموعه داده رستری تبدیل شد که در واقع همان نقشه Land Suitability حاصل از روش PROMETHEE II است. نقشه Land Suitability، به ۷ کلاس با محدوده عددی برابر از درجه یک تا درجه هفت طبقه بندی شد. نقشه نهایی ارزیابی توان اکولوژیکی از نظر کشاورزی و مرتعداری در شکل شماره (۶) نشان داده شده است.

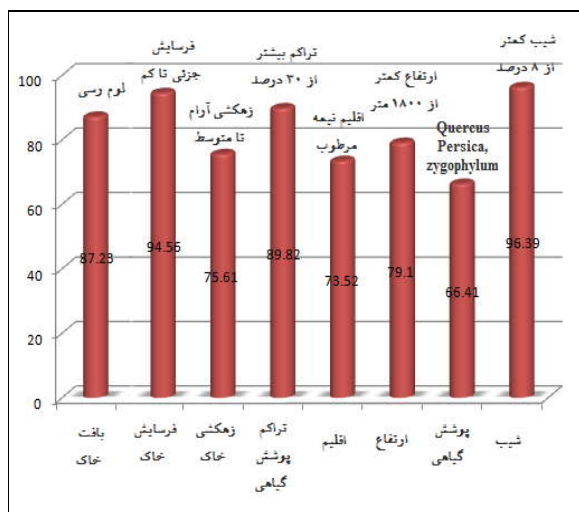
بر پایه نقشه زون بندی نهایی، از مجموع کل مساحت منطقه مرودشت، حدود ۷۳۹ کیلومتر مربع دارای توان درجه یک، حدود ۷۷۰ کیلومتر مربع دارای توان درجه دو، حدود ۵۳۹ کیلومتر مربع دارای توان درجه سه، حدود ۳۹۷ کیلومتر مربع دارای توان درجه چهار و حدود ۱۱۴۵ کیلومتر مربع دارای توان درجه پنج، حدود ۶۵۵ کیلومتر مربع دارای توان درجه شش و حدود ۳۹۱ کیلومتر مربع دارای توان درجه هفت را برای کشاورزی و مرتعداری دارا هستند. در جدول شماره (۳) مساحت این هفت کلاس بر حسب کیلومتر مربع و درصد نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان

مشخصه‌های ورودی در مدل بوده است و این امر رضایت بخش بودن نتایج مدل پیشنهادی را در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیکی نشان می‌دهد

با توان اکولوژیکی یک، دو و سه منطبق بر تراکم بیشتر از ۳۰ درصد بوده است. نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت مدل نیز مبین این مطلب است که بخش زیادی از اراضی با توان اکولوژیکی یک، دو و سه نقشه نهایی، منطبق بر کلاس‌های کاملاً مناسب هر یک از



شکل شماره (۶): نقشه نهایی ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین جهت کشاورزی و مرتعداری به روش PROMETHEE II در منطقه مرودهشت



شکل شماره (۷): نمودار تجزیه و تحلیل حساسیت مشخصه‌های ورودی

جدول شماره (۳): مساحت کلاس‌ها برای روش

PROMETHEE II		کلاس‌ها
مساحت (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)	
۱۵/۹۴	۷۳۹/۲۹۴	اراضی درجه یک
۱۶/۶۱	۷۷۰/۳۶۹	اراضی درجه دو
۱۱/۶۴	۵۳۹/۸۸۲	اراضی درجه سه
۸/۵۶	۳۹۷/۰۳۲	اراضی درجه چهار
۲۴/۷۰	۱۱۴۵/۳۱۵	اراضی درجه پنج
۱۴/۱۲	۶۵۵/۱۵۹	اراضی درجه شش
۸/۴۳	۳۹۱/۰۴۱	اراضی درجه هفت
۱۰۰	۴۶۳۸/۰۹۴	جمع

**نتیجه‌گیری و پیشنهادات**

محیط زیست طبیعی جهان توان اکولوژیکی محدودی برای استفاده انسان دارد. در پاره‌ای از محیط‌ها طبیعت با کمترین خسران، مهیای توسعه است و در برخی دیگر کمترین توسعه در آن منجر به تخریب محیط زیست می‌شود. این نکته مبین این است که برای انجام توسعه در محیط زیست، پیش از برنامه ریزی برای استفاده از آن باید به ارزیابی توان اکولوژیکی آن در قالب برنامه‌ریزی اصولی و منسجم پرداخت. در این تحقیق، ارزیابی توان اکولوژیکی از نظر کشاورزی و مرتعداری با نگرش همه‌جانبه به کلیه عوامل اکولوژیک در منطقه موردتوجه با به‌کارگیری رویکردی تلفیقی-ابتکاری PROMETHEE II-Fuzzy AHP همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی برای برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین مدنظر بوده است.

روش PROMETHEE II که یکی از روشهای MCDM است به دلیل وضوح و سادگی برای تصمیم‌گیرندگان استفاده شد. برای این منظور با توجه به مدل اکولوژیکی کشاورزی و مرتعداری دکتر مخدوم از تأثیرگذارترین و با اهمیت‌ترین عوامل برای ارزیابی توان اکولوژیکی استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش، حاکی از کارایی سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بویژه روش PROMETHEE II را در تعیین اراضی و مناطق مستعد در مطالعات ارزیابی توان است. کار حاضر روش ابتکاری را برای مطالعات آمایش سرزمین پیشنهاد می‌کند و از این طریق پشتیبانی‌های لازم را برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران محیط زیست به عمل می‌آورد. سرانجام این رویکرد پیشنهادی می‌تواند به عنوان گامی اساسی برای تحقیقات آتی برای استفاده عملی از روش PROMETHEE II برای مکان‌یابی دیگر کاربری‌ها بر مبنای رستر

**منابع مورد استفاده**

توفیق، ف. ۱۳۸۴. آمایش سرزمین، تجربه‌های جهانی و انطباق آن با وضع ایران، وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

زاهدی پور، ح. فتاحی، م. میردادی اخوان، ح. ۱۳۸۴. بررسی پراکنش و خصوصیات رویشگاه‌های پسته وحشی در استان مرکزی، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر، جلد ۱۳، شماره ۱.

عطایی، م. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

کرم، ع. ۱۳۸۴. تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد چند معیاری MCE در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، ۹۴ تا ۱۰۶.

در محیط GIS باشد. برای برنامه‌ریزی مطلوب و بهینه از جنبه‌های محیط زیستی و همچنین از لحاظ مسایل مربوط به کاربری‌ها با توجه به کلیه مطالعات و بررسی‌های انجام شده، پیشنهادهایی به شرح ذیل ارائه می‌شود:

□ به دلیل دقت، سرعت و عملیاتی بودن سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، مطالعه و پژوهش در زمینه آمایش سرزمین بدون استفاده از این سیستم‌ها، بررسی سنتی، زمان‌بر و صرفاً نظری خواهد بود.

□ به منظور افزایش کارایی و غنا بخشیدن به مطالعات کاربردی در زمینه آمایش سرزمین (ارزیابی توان اکولوژیکی) و سایر کارهای مکان‌یابی، پیشنهاد می‌شود که از روشهای جدید سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله ANP، GREY SYSTEM، ELECTERE، PROMETHEE II THEORY و ... استفاده شود.

□ سعی شود که از روشهای پیکسل پایه برای مطالعات ارزیابی توان و سایر کارهای مکان‌یابی استفاده شود.

□ به دلیل واقع شدن و نزدیکی حواشی عرصه‌های کشاورزی به مناطق شهری، از مسئولان ذی‌ربط تقاضا می‌شود تا از گسترش و نفوذ شهرنشینی به اراضی کشاورزی جلوگیری کنند.

**یادداشت‌ها**

- 1- Geographical information system
- 2- Decision Support Systems
- 3-Fuzzy Analytic Hierarchy Processes
- 4-Out ranking
- 5- Multi Criteria Decision Making
- 6-Buckley

- کوره پزان دزفولی، ا. ۱۳۸۴. اصول نظریه مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدل‌سازی مسائل آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
- محمودی، ب. ۱۳۸۶. ارزیابی توان تفرجگاهی سامان عرفی منج در جنگل‌های محدوده شهرستان لردگان در استان چهارمحال و بختیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی ساری، دانشگاه مازندران، ۱۱۲ صفحه.
- مخدوم، م. ۱۳۸۴. شالوده آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم.
- میرادودی، ح. و همکاران. ۱۳۸۶. بررسی و تعیین توان اکولوژیک استان مرکزی از نظر کشاورزی و مرتعداری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره ۲، صفحه ۲۴۲ تا ۲۵۵.
- میرمحمدی، س م. ۱۳۸۶. آمایش سرزمین و ملاحظات امنیت اقتصادی، انتشارات مؤسسه تحقیقاتی تدبیر اقتصاد. تهران
- مینائی، م. ۱۳۸۸. پیاده سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS): (منطقه مورد مطالعه فریدون شهر)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ۱۴۶ صفحه.
- Albadvi, A., S.K.,Chaharsooghi, A.,Esfahanipour .2007. , Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE, *European Journal of Operational Research*, 177, 673–683.
- Basinski,J.J. 1985. Land Evaluation, some general considerations, In *Environment Planning and management* ed (J.J. Basinski and K.D. Cocks) Csiro Canberra: 59-65.
- Behzadian,M., M.,Pirdashti .2009. Selection of the Best Module Design for Ultrafiltration (UF) Membrane in Dairy Industry: An Application of AHP and PROMETHEE. *International Journal of Engineering* 3(4), 126-142.
- Barns,J.P. 1982. Lingenierie de la decision.Elaboration dinstruments daide a la decision. Method PROMETHEE. In: Nadeau, R., Landry, M. (Eds.), *Laide a la Decision: Nature, Instrument s et Perspectives Davenir*. Presses de Universite Laval, Quebec, Canada, pp. 183–214.
- Barns,J.P., B.,VinckeMareschal .1986. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research* 24 (2) , 228–238.
- Barns,J.P., P.,Vincke .1985. A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for MCDM. *Management Science*, 31(6), 647–656.
- Diakoulaki,D., F.,Karangelis .2007. Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 716–727.
- Elevli,B., A.,Demirci. 2004. Multicriteria choice of ore transport system for an underground mine: Application of PROMETHEE methods, *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, 104 (5), 251–256.
- Kokot,S., T.D.,Phuong .1999. Elemental content of Vietnamese rice. Part 2. Multivariate data analysis. *Analyst* 124 (4), 561–569.
- Malhotra,R.C. 1980. Environment Management : Integrated Rural Development, In “ Reading in Environmental management”, ed (V. Vichit-Vadkan et al). UN. Asian and pacific dev.inst: 161-179.

- Mansir,A. 2007. A geographic information system (GIS) and multi-criteria analysis for sustainable tourism planning.
- Miller,G.T.1995. Environment Resource Management, Wadworth Pub.C.592.
- Opricovic,S. , G.H.,Tzeng .2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, European Journal of Operational Research, 178, 514–529.
- Pomerol, J.C., S.,Barba-Romero. 2000. Multi-criterion decisions in management: Principles and practice, Kluwer, Massachusetts, USA.
- Qiao,L. 2008. A model for suitability evaluation of tourism development for the suburban mining wasteland and its empirical research. Ecological Economy, 4:338-345.
- Queiruga,D., et al .2008. , Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain, Waste Management, 28 (1) , 181–190.
- Reshmidevi,T.V., T.L., Eldho , R., Jana. 2009. A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds, Agricultural Systems, 101: 101–109.
- Sicat,R.S., E.J.M., Carranza, , U.B., Nidumolu .2005. Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification. Agricultural Systems 83, 49–75.
- Zhu,Z., et al .2010. Optimization on tribological properties of aramid fibre and CaSO<sub>4</sub> whiskerreinforced non-metallic friction material with analytic hierarchy process and preference ranking organization method for enrichment evaluations. Materials and Design 31 (2010) 551–555.