سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال پنجم / شماره چهارم) زمستان ۱۳۹۳
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز
آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

ارزیابی تناسب اراضی برای استقرار صنایع به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی- منطق فازی Fuzzy-AHP (مطالعهٔ موردی: شهرستان ملارد)

علیرضا قراگوزلو[۱]، معصومه علیزاده[۲*]

۱. استادیار سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۲. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

گسترش بی‌برنامه صنایع می‌تواند مخاطراتی برای توسعه پایدار به همراه داشته باشد. از جمله این مخاطرات، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، تخریب زیست‌بوم‌های طبیعی و انتشار آلاینده‌ها در محیط است. همچنین احداث نابجای صنایع در پهنه‌های خطرخیز می‌تواند هزینه‌بر باشد. بنابراین بجای آنکه فعالیت‌های صنعتی بدون برنامه‌ریزی در نواحی توسعه یابند، بهتر است زمین‌های مناسب برای آن‌ها مطالعه و شناسایی شود. هدف از این مطالعه، انتخاب مکان‌های مناسب برای استقرار و توسعه صنعت در شهرستان ملارد با استفاده از روش منطق فازی است. معیارهای متنوع کمی و کیفی مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه صنعت شناسایی و انتخاب گردید. سپس از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای کمی‌سازی معیارهای کیفی و وزن‌دهی (تعیین ضریب اهمیت) معیارها استفاده شد. از فرآیند مدلسازی، از منطق فازی برای تغییر داده‌های کمی گسسته به داده‌های پیوسته در قالب لایه‌های اطلاعاتی رستری و ترکیب آن‌ها در محیط نرم‌افزار Arc®GIS استفاده گردید. در نهایت نقشه تناسب اراضی برای توسعه فعالیت‌های صنعتی تهیه گردید.

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:
دریافت: ۲۸ بهمن ۱۳۹۲
پذیرش: ۱ خرداد ۱۳۹۳
دسترسی اینترنتی: ۱۸ دی ۱۳۹۳

واژه‌های کلیدی:
توسعه پایدار
مدلسازی
ارزیابی تناسب زمین
منطق فازی
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: alizadeh9622@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در مقیاس کلان، مسئله زمین و چگونگی استفادهٔ خردمندانه از آن، در حیطه برنامه‌ریزی توسعه فضایی قرار می‌گیرد. زیرا از یک سو، زمین منبعی تجدیدناپذیر و کمیاب است و نمی‌توان آن را تولید یا وارد کرد و از سوی دیگر، رسالت دانش برنامه‌ریزی در مفهوم عام خود، تخصیص بهینه منابع کمیاب به اولویت‌دارترین نیازهای انسان است. بنابراین تعیین کاربری بهینه زمین، همواره یکی از وظایف برنامه‌ریزی توسعه بوده و خواهد بود (۸). امروزه یکی از بیشترین تقاضاها برای تصاحب و مصرف زمین، از سوی بخش صنعت صورت می‌گیرد. صنایع اغلب زمین‌های زراعی و باغی را به دلیل سهولت دسترسی، هزینه پایین آماده‌سازی، نزدیکی به سکونتگاه‌ها و نزدیکی به بازارهای مصرف، به تصرف درآورده و با تغییر کاربری آن‌ها را از چرخه تولید کشاورزی خارج می‌سازند (۱). با ادامه این شرایط، به تدریج از وسعت زمین‌های مستعد کشاورزی، یعنی اصلی‌ترین منبع تولید غذا کاسته خواهد شد. در کشور خشک و کوهستانی همچون ایران، زمین‌های مستعد کشاورزی گسترش چندانی ندارند و قابل ایجاد و بازتولید نیستند. بنابراین زمین‌های کشاورزی موجود را می‌توان منابع کمیاب و تجدیدناپذیر دانست که باید با برنامه‌ریزی علمی از آن‌ها در برابر تغییر کاربری بی‌رویه و دست‌اندازی نابخردانه حفاظت کرد. اما این امر زمانی میسر است که برای نیاز صنعت به زمین نیز چاره‌ای اندیشیده شده و زمین‌های مناسب اما غیرکشاورزی، شناسایی و برای توسعه بخش صنعت، به آن تخصیص داده شود.

واضح است که شناسایی مکان‌های مناسب برای فعالیت‌های صنعتی به معیارهای گوناگونی بستگی دارد. بنابراین پرسش اساسی در این تحقیق آن است که «چگونه و با چه روشی علمی می‌توان زمین‌ها در یک ناحیه جغرافیایی را برای استقرار و توسعه صنعت مورد ارزیابی تناسب قرار داده و آن‌ها را اولویت‌بندی کرد».

این تحقیق برآنست تا بستر لازم برای رشد اقتصادی، توزیع عادلانه زمین و حفاظت از محیط زیست را فراهم سازد. بنابراین هدف کلان این پژوهش کمک به توسعه پایدار محلی است. هدف خرد و عملیاتی تحقیق نیز آن است تا با کمک تکنیک‌های تحلیلی موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) روشی را برای تشخیص تناسب زمین‌ها در یک ناحیهٔ جغرافیایی جهت استقرار و توسعه صنایع، مدلسازی نماید.

شایستگی اراضی به میزان تناسب و شایستگی زمین‌های یک محدوده جغرافیایی برای تخصیص به یک کاربری مشخص، اطلاق می‌شود. به بیان دیگر این نوع مطالعه در پی آن است که زمین‌های واقع در یک محدوده جغرافیایی (شهر، ناحیه، منطقه، کشور) تا چه اندازه قابلیت تخصیص به یک کاربری خاص را دارد تا حداکثر کارایی و بازدهی را داشته باشند (٤). به بیان دیگر ارزیابی تناسب زمین، ابزاری برای طراحی و پیش‌بینی الگوی بهینه استفاده و تخصیص زمین به کاربری‌های معین است (۳) که سعی دارد مناقشات زیست محیطی و دست‌اندازی‌های غیراصولی به زمین را به حداقل برساند (۱۰).

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به وسیله ساعتی (۲۱) ابداع شد و بلافاصله در تحقیقات مختلف در حیطه برنامه‌ریزی فضایی مورد استفاده قرار گرفت. بوجور کوئز و همکاران (١٦) از این روش در ارزیابی تناسب زمین‌های مکزیک برای توسعه شهری استفاده کردند. علی و همکاران (۱۵) با استفاده از روش AHP (Analytical Hierarchy Process) در GIS به ارزیابی تناسب زمین‌های شهر مینیای جدید در کشور مصر پرداختند. سوارای و همکاران (٢٤) نیز در تحقیقی به تخصیص کاربری‌های زمین شهری از طریق روش AHP پرداختند. کرم (۹) همچنین در پژوهشی با مدلسازی به کمک AHP و GIS تناسب زمین‌های مجموعه شهری شیراز را برای توسعه کالبدی مورد ارزیابی قرار داد. کرم و محمدی (۱۰) نیز در تحقیقی به ارزیابی تناسب زمین‌های شهر کرج و پیرامون آن برای توسعه کالبدی شهر پرداخته است. علی‌نیائی (٦) نیز پس از تعیین وزن معیارها به کمک روش AHP و با استفاده از منطق فازی، مدلی در GIS طراحی و در پایان تحقیق خود مکان‌های مناسب را برای احداث پارکینگ، تعیین نمود.

در تحقیق حاضر از دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در تعیین وزن و ضریب اهمیت معیارها و روش منطق فازی برای استفاده از قالب رستری جهت مدلسازی ارزیابی تناسب

Archive of SID

www.SID.ir

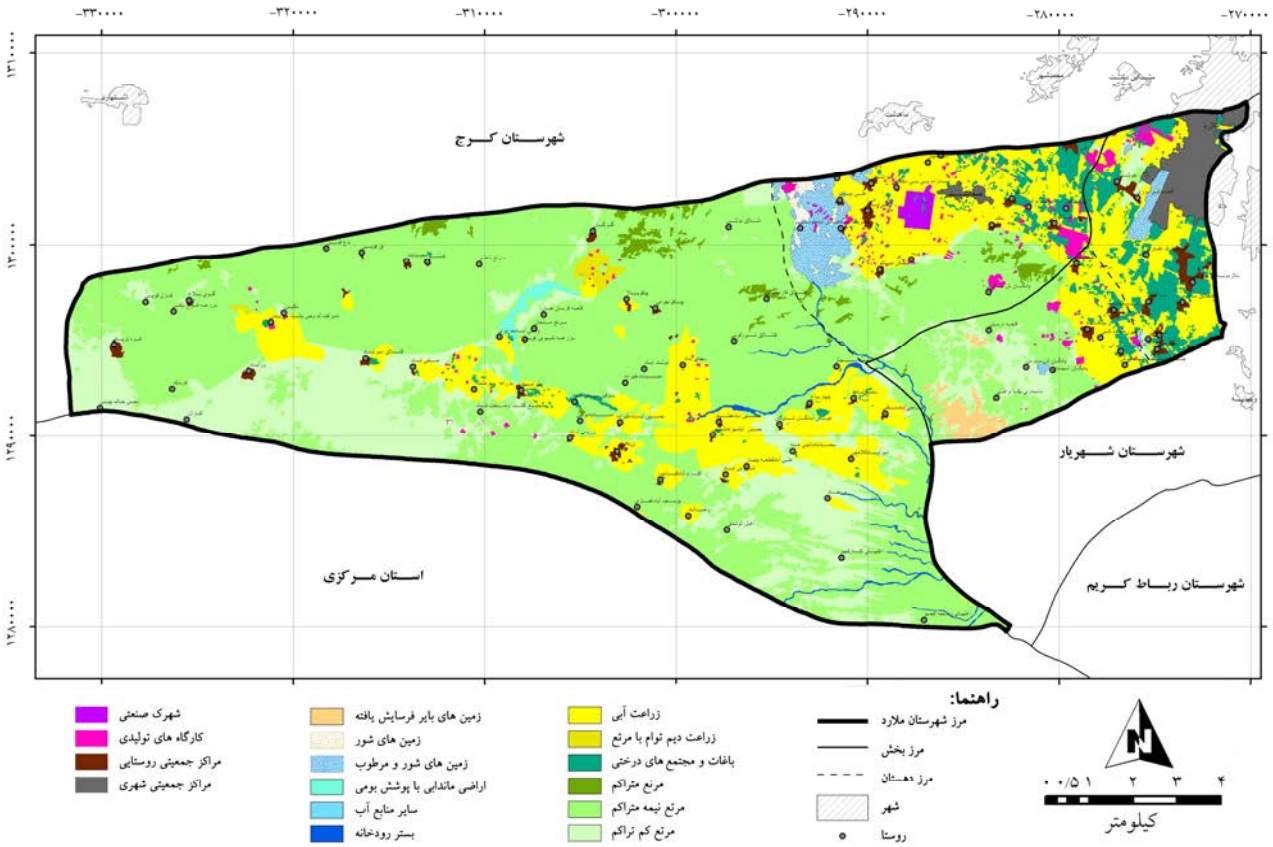
زمین برای استقرار صنایع به روش منطق فازی در منطقهٔ شهرستان ملارد استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مورد مطالعه در این تحقیق، شهرستان ملارد است. شهرستان ملارد با ۸۷٦ کیلومتر مربع وسعت در غرب استان تهران و جنوب استان تازه تأسیس البرز واقع شده است. این شهرستان از دو بخش مرکزی و صفادشت و چهار دهستان ملارد شمالی، ملارد جنوبی، بی‌بی سکینه و اخترآباد تشکیل شده است. شهرستان ملارد در حال حاضر دارای دو نقطه شهری به نام شهر ملارد و شهر صفادشت و ۷۰ آبادی دارای سکنه است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵، شهرستان ملارد بالغ بر ۲۹۰ هزار نفر جمعیت دارد. از این میزان، ۲٤٤ هزار نفر (۸۳/۸ ٪) در دو شهر ملارد و صفادشت و حدود ٤۷ هزار نفر (۱٦/۲٪) در نقاط روستایی شهرستان ساکن هستند. بخش مرکزی ۹۳/۸٪ جمعیت شهری و ۵۹/٤٪ جمعیت روستایی را در خود جای داده است.

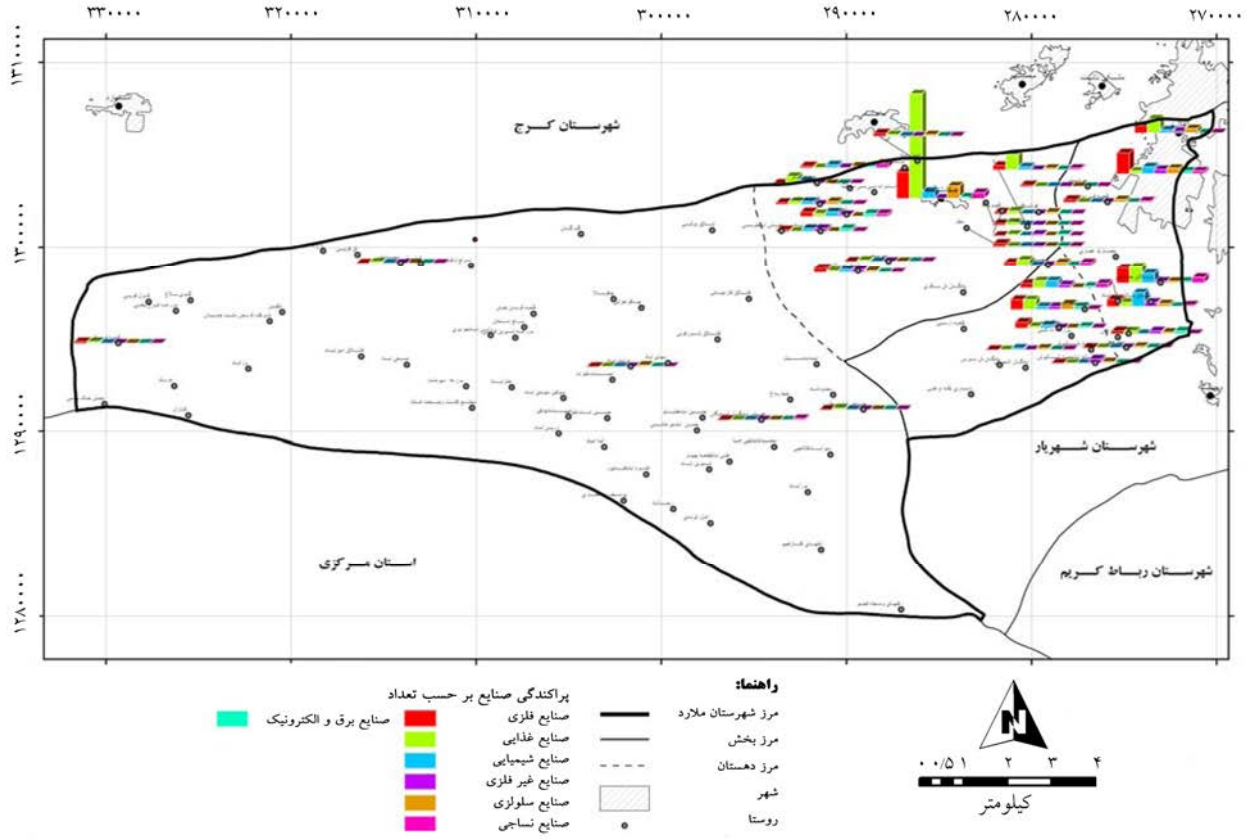
بررسی وضع موجود کاربری اراضی شهرستان ملارد حاکی از آن است که حدود ۲۳٪ از اراضی این شهرستان را اراضی کشاورزی تشکیل می‌دهد (شکل ۱).



شکل ۱. توزیع کاربری اراضی وضع موجود

مرغوبیت نسبی خاک به ویژه در نواحی شرقی شهرستان ملارد (که عمدتاً در کلاس‌های II و III خاک واقع شده)، سبب گردیده است که این پهنه‌ها به فعالیت کشاورزی از نوع زراعت و باغداری اختصاص یابند (۱٤). از سوی دیگر پهنه‌های تحت پوشش کاربری صنعتی و تأسیسات وابسته، ۱/٤٪ از مساحت زمین‌های شهرستان و عمدتاً در نیمه شرقی شهرستان را دربر گرفته که سابقه کاربری کشاورزی داشته‌اند (شکل ۲).

www.SID.ir



شکل ۲. پراکندگی صنایع در سطح شهرستان ملارد

در چند دهه اخیر به دلیل ضابطه ممنوعیت استقرار صنایع در شعاع ۱۲۰ کیلومتری شهر تهران، گرایش شدیدی از سوی سرمایه‌گذاران صنعتی برای احداث صنعت در اراضی شهرستان ملارد صورت گرفته است. برخی از مزیت‌های شهرستان ملارد از جمله نزدیکی به بازارهای بزرگ مصرف تهران و کرج، بهره‌مندی از نیروی کار ارزان، وجود زمین ارزان و دسترسی به زیرساخت‌های لازم (راه، انرژی، آب و ...) در گرایش صنعت به سوی این شهرستان مؤثر بوده است. این گسترش صنعتی در مقاطعی بدون برنامه و شتابان بوده است. تصاویر ماهواره‌ای از بخش‌هایی از مراکز استقرار واحدهای صنعتی به وضوح دست‌اندازی‌های وسیع و نامتعارف از سوی صنعت را به زمین‌های کشاورزی شهرستان نشان می‌دهد (شکل ۳).

اگر وضع به همین گونه تداوم یابد و تدبیری اندیشیده نشود، بیم آن می‌رود که تا چند سال دیگر جز خاطره‌ای از نام و آوازه محصولات مرغوب کشاورزی شهرستان ملارد، چیزی بر جای نماند.

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق اطلاعات زیر به عنوان داده‌های پایه از مراجع و منابع گوناگون گردآوری و مورد استفاده قرار گرفته است؛ نقشه توپوگرافی محدوده با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه قابلیت اراضی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه کاربری و پوشش وضع موجود با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه پهنه‌بندی اقلیمی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه و گزارش هیدرولوژی حوضه‌های آبریز استان تهران با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، اطلاعات جمعیتی، اجتماعی و اقتصادی شهرستان ملارد.

Archive

www.SID.ir

شکل ۳. نماهایی از گسترش صنایع بر روی زمین‌های کشاورزی در شهرستان ملارد

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره MCDM (Multi-Criteria Decision Making) است که به ویژه برای تصمیم‌گیری در مسائل پیچیده و با معیارهای کمی و کیفی همچون مسائل ارزیابی تناسب زمین، کاربرد دارد. در تحلیل‌های مبتنی بر تصمیم‌گیری چندصفتی (Multi Attribute Decision Making) هدف این است که ضمن انتخاب بهترین یا اولویت‌دارترین گزینه، گزینه‌هایی که به نظر می‌رسد خوب هستند نیز مشخص شده، یا گزینه‌ها در یک ترتیب نزولی، رتبه‌بندی شوند. قواعد تصمیم‌گیری جمعی (Additive Decision Rules) از شناخته‌شده‌ترین و متداول‌ترین روش‌های MADM در تصمیم‌گیری مبتنی بر GIS است و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های آن می‌باشد که توسط ساعتی (۲۱) در سال ۱۹۸۰ ارائه گردید و در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین مدل‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره است. زیرا این تکنیک‌ها امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در حل مسائل دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد (۱۷ و ۱۸). علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. به‌علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است (۵ و ۷).

روش AHP دارای یک اساس و تئوری ساده می‌باشد و بر مبنای سه اصل استوار است: تجزیه، مقایسهٔ زوجی و ترکیب کردن متوالی ارزش‌ها و اولویت‌بندی گزینه‌ها (۲۲). جدول ۱ مقایسهٔ زوجی ارئه شده توسط ساعتی (۲۱ و ۲۳) را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقیاس ۹ امتیازی برای تعیین یا اولویت دو گزینه نسبت به یکدیگر

امتیاز عددی	قضاوت شفاهی
۹	اهمیت مطلق
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت قوی
۳	اهمیت ضعیف
۱	اهمیت یکسان
۲، ٤، ٦ و ۸	ترجیحات بین فاصله‌های بالا

مراحل اصلی این روش شامل توسعه ماتریس مقایسه در هر سطح سلسله مراتب مقایسه وزن‌ها برای هر جزء سلسله مراتب و برآورد نرخ ناسازگاری تصمیم‌گیری می‌باشد. روش بردار ویژه روشی متداول در رسیدن به وزن پارامترها از یک ماتریس

Archive of SID
www.SID.ir

مقایسهٔ زوجی است. در روش بردار ویژه محاسبه وزن‌ها (W) طی این مراحل تعیین می‌گردد: تشکیل ماتریس A (ماتریس مقایسهٔ زوجی)، تعیین ماتریس (A-λI) که در این ماتریس λ مقدار ویژه برای ماتریس A است، دترمینان ماتریس (A-λI) را محاسبه کرده و آن را مساوی صفر قرار داده و تعیین مقادیر λ، بزرگ‌ترین λ را که λMAX نامیده و آن را جهت تعیین وزن (W) در رابطهٔ (A-λMAXI)*W=0 قرار می‌دهیم (۱٤، ۱۹ و ۲۵).

برای محاسبه وزن‌ها (W) ساعتی (۲۲،۲۱ و ۲۳) قضیه‌ای را اثبات نمود که محاسبه وزن را ساده‌تر می‌نماید. طبق این قضیه برای یک ماتریس مثبت و معکوس مانند ماتریس مقایسه زوجی بردار ویژه را می‌توان از رابطهٔ ۱ به دست آورد.

$$w = \lim_{k\to\infty} \frac{A^k.e}{e^T.A^k.e} \qquad [۱]$$

که در در این رابطه؛ e^T ترانهاده ماتریس e است. برای محاسبه نرخ ناسازگاری نیز در ابتدا شاخص ناسازگاری (I.I) از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌گردد.

$$I.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad [۲]$$

در این رابطه n تعداد معیارها یا ابعاد ماتریس A و λmax بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس A است. نرخ ناسازگاری (I.R) از رابطهٔ ۳ تعیین می‌گردد (٦، ۷، ۱٤، ۱۸، ۱۹، ۲۲ و ۲٤).

$$I.R = \frac{I.I}{I.I.R} \qquad [۳]$$

در این رابطه I.I.R شاخص تصادفی می‌باشد که بستگی به تعداد عناصر مقایسه‌شونده دارد و از جدول ۲ به دست می‌آید (۱۱). نرخ ناسازگاری CR اگر کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان نتیجه گرفت که سطح مطلوبی از سازگاری در مقایسات زوجی وجود داشته است و در غیر این صورت این نرخ نشان‌دهنده قضاوت ناسازگاری می‌باشد (۵، ۷، ۱۹، ۲۰ و ۲۳).

منطق فازی

در این تحقیق، از منطق فازی در مدلسازی ارزیابی تناسب زمین‌ها برای تولید لایه‌های نقشه معیار در قالب رستری با هدف افزایش دقت و کاربرد این نقشه‌ها، بهره گرفته شد. منطق فازی این امکان را می‌دهد تا با تبدیل داده‌های گسسته (رتبه‌ای و اسمی) به داده‌های پیوسته (فاصله‌ای)، امکان استفاده از مدلسازی رستری در GIS برای تحلیل و ارزیابی از داده‌های مکانی فراهم شود.

بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه‌های فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه هست یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می‌کند. اما تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی – و نه کاملاً – عضو یک مجموعه باشد. مثلاً این جمله که، قطعه زمین الف به اندازه هفتاد درصد برای توسعه سکونتگاه‌ها و صنعت مناسب است. از دید تئوری مجموعه‌های فازی صحیح است. در این تئوری، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع x(u) مشخص می‌شود که x نمایانگر یک عضو مشخص و u تابعی فازی است که درجه عضویت x در مجموعه مربوطه را تعیین می‌کند و مقدار آن بین صفر و یک است که از رابطهٔ ٤ تعیین می‌گردد.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \qquad [٤]$$

به بیان دیگر، x(u) نگاشتی از مقادیر x به مقادیر عددی ممکن بین صفر و یک را می‌سازد. تابع x(u) ممکن است مجموعه‌ای از مقادیر گسسته (Discrete variables) یا پیوسته (Continuous variables) باشد. وقتی که u فقط تعدادی از مقادیر گسسته بین صفر و یک را تشکیل می‌دهد، مثلاً ممکن است شامل اعداد ۰/۳ و ۰/۵ و ۰/۷ و ۰/۹ و صفر و یک باشد. اما وقتی مجموعه مقادیر u پیوسته باشند، یک منحنی پیوسته از اعداد اعشاری بین صفر و یک تشکیل می‌شود (۱۲).

همسوسازی داده‌ها

افزون بر روش AHP و منطق فازی که دو روش اصلی در تحقیق حاضر بوده‌اند، به تناسب از روش‌های دیگری نیز استفاده شده است. برای مثال برای همسوسازی مقادیر لایه‌های نقشه معیار ناهمسو با هدف مطالعات، ابتدا مقادیر معیارهای ناهمسو (هرچه مقادیر بیشتر میزان تناسب برای صنعت کمتر) با کمک رابطهٔ ۵ همسو گردید (۱۳). برای مثال معیار دسترسی

www.SID.ir
Archive of SID

به راه یک معیار ناهمسو با هدف تحقیق است زیرا با افزایش فاصله زمین‌ها از راه‌ها، هرچند بر مقدار عددی واحدهای زمین (پیکسل‌ها) افزوده می‌شود، اما از میزان تناسب آن‌ها برای صنعت کاسته می‌گردد.

$$y_{ij} = \left[\frac{X_j^{max} - X_{ij}}{X_j^{max} - X_j^{min}} \right] \qquad [۵]$$

در این رابطه؛ X_{ij} متغیر I ام مورد بررسی است.

استانداردسازی داده‌ها

برای بی‌مقیاس کردن و فازی‌سازی و تبدیل مقادیر گسسته به پیوسته، از رابطهٔ ٦ استانداردسازی انجام شد (١١).

$$Z_i = (X_i - \mu) / \sigma \qquad [٦]$$

در این رابطه؛ Z_i نمره استاندارد شده هر پیکسل، X_i مقدار کمی شاخص مورد نظر هر پیکسل، μ میانگین مقادیر شاخص مورد نظر و σ انحراف معیار مقادیر شاخص مورد نظر است.

سنجش توسعه‌یافتگی

در فرآیند مدلسازی لازم دیده شد تا برای ایجاد تعادل‌های فضایی و تمرکززدایی صنعتی از میزان توسعه‌یافتگی به عنوان یک معیار تعدیل‌کننده استفاده شود. زیرا چنانچه میزان توسعه‌یافتگی و برخورداری فضاهای جغرافیایی به عنوان یک معیار مهم در فرآیند مدلسازی تناسب زمین‌های شهرستان نادیده گرفته می‌شد، این خطر وجود داشت تا در مدل ارزیابی تناسب و نقشه نهایی، به دلیل امکانات بیشتر دهستان‌های شرقی شهرستان، امتیاز زمین‌های این نواحی بیشتر شده و از تناسب بیشتری برای توسعه صنعت برخوردار شوند و در نتیجه بر شدت تمرکز سرمایه در دهستان‌های برخوردار شهرستان افزوده شود. این امر مغایر با اهداف تحقیق حاضر یعنی ایجاد تعادل فضایی و برقراری عدالت اجتماعی و توسعه پایدار بود. برای سنجش میزان توسعه‌یافتگی در این تحقیق، از روش شاخص ناموزون موریس استفاده شد. این روش از سوی برنامه توسعه سازمان ملل متحد UNDP نیز برای محاسبه توسعه کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش با استفاده از اطلاعات در دسترس برای هر واحد جغرافیایی (در اینجا واحد تقسیمات دهستان)، جایگاه توسعه‌یافتگی هر یک از واحدها میان سایرین، برحسب هر یک از متغیرهای انتخابی، با استفاده از رابطهٔ ٦ محاسبه گردید (٢).

$$y_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{ij}^{Min}}{X_j^{Max} - X_j^{Min}} \times 100 \qquad [٧]$$

در این رابطه؛ y_{ij} شاخص ناموزون برای متغیر i ام در واحد j ام، Xij متغیر i ام در واحد j ام.

در نهایت برای پیدا کردن شاخص اصلی توسعه‌یافتگی مورد نظر برای هر واحد، و میانگین شاخص موریس برای هر واحد از تمام متغیرها از رابطهٔ ٨ محاسبه گردید.

$$D.I = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{ij}}{n} \qquad [٨]$$

در این رابطه؛ n تعداد کل متغیرهای مورد مطالعه و D.I شاخص نهایی توسعه هر واحد به شمار می‌رود. از مزیت‌های این روش آن است که در آن می‌توان انواع متغیرهای اجتماعی ـ اقتصادی و کالبدی را بکار گرفت.

نتایج

ساخت مدل ارزیابی تناسب زمین‌های شهرستان ملارد برای توسعه صنعت در چهار مرحله انجام شد. شکل ٤ مدل مفهومی مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد.

جمع‌آوری اطلاعات پایه و تشکیل پایگاه داده‌ها

نقشه‌ها و داده‌های پایه مورد نیاز، از منابع و مراجع مختلف گردآوری شده است. اطلاعات پایه گردآوری شده به محیط نرم‌افزار ArcGIS انتقال و پایگاه داده‌ها طراحی و سازماندهی گردید و آماده جهت پردازش و تحلیل اطلاعات گردید.

حذف اراضی نامناسب

بدیهی است که صنایع را نباید و نمی‌توان در هر مکانی مستقر کرد. برخی زمین‌ها همانند زمین‌های کشاورزی به دلیل نقش حیاتی آن‌ها در اقتصاد و محیط زیست، باید از

Archive of SID

www.SID.ir

دست‌اندازی صنایع مصون نگاه داشته شوند. همچنین است زمین‌های بسیار مرتفع و یا زمین‌های بسیار پرشیب که استقرار صنایع در آن‌ها هزینه زیادی در بردارد. بنابراین در این مرحله از تحقیق با کمک گروهی از معیارهای موسوم به معیارهای حذف، زمین‌های نامناسب شناسایی و از حیطه تصمیم‌گیری و مدلسازی ارزیابی تناسب برای صنعت کنار گذاشته و به عبارتی حذف شدند. معیارها و شاخص‌های معرف زمین‌های نامناسب برای صنعت که با کمک کارشناسان و اسناد قانونی شناسایی و به شرح جدول ۲ تعیین گردید.

شکل۴. مدل مفهومی مراحل انجام تحقیق

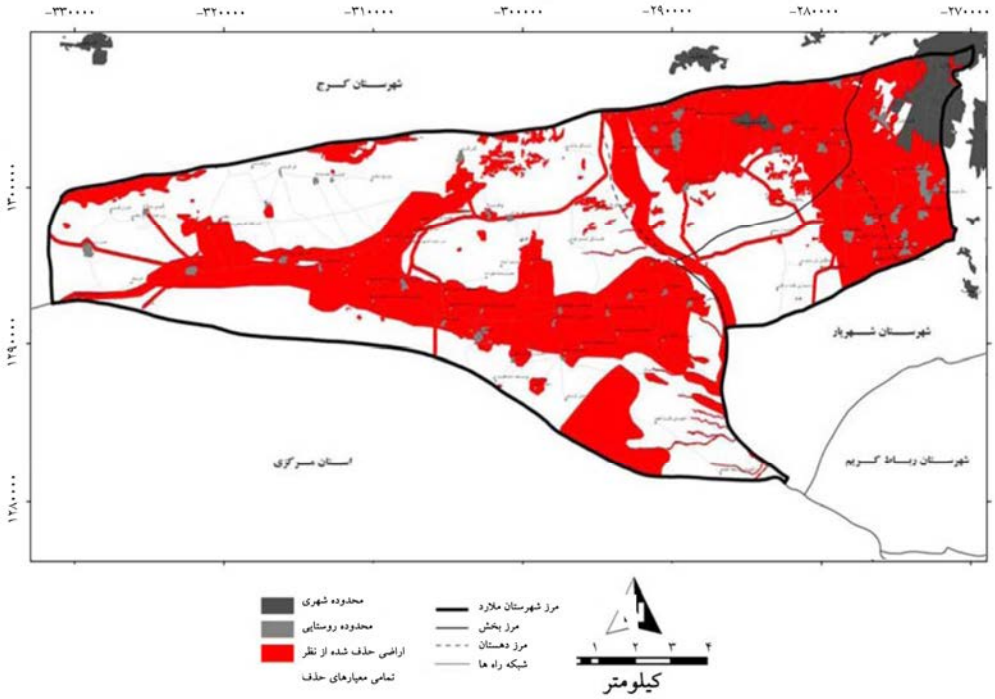
جدول۲. پارامترهای مؤثر و محدودهٔ هر پارامتر

معیار	شاخص
ارتفاع	زمین‌های بالای ارتفاع ۱۸۰۰ متر
شیب	زمین‌های دارای شیب بالای ۳۰٪
کاربری و پوشش اراضی	باغات- زراعت آبی و دیم- مرتع متراکم- سطوح آبی
قابلیت اراضی	پهنه‌های با قابلیت کشت آبی و دیم (واحدهای ارضی ۳/۳ و ۱/٤ و۲/٤)
حفاظت محیط زیست	دشت شقایق و اراضی ماندابی
حرایم راه‌ها	براساس قوانین و مقررات به ویژه مصوبه مورخ ۱۳٦۸/۳/۱ شورای عالی شهرسازی و معماری ایران و قانون اصلاح قانون ایمنی راه‌ها و راه‌آهن مصوب ۱۳۷۹/۲/۱۱، حرایم اعمال شده در مورد راه‌ها به قرار زیر است: ۲٤۰ متر از دو طرف خط وسط آزادراه و بزرگراه (۱۵۰ متر مصوبه شورای عالی + ۹۰ متر حریم قانونی راه) ۲۱۸ متر از دو طرف خط وسط راه‌های اصلی (۱۵۰ متر مصوبه شورای عالی + ٦۸ متر حریم قانونی راه) ۲۰۲/۵ متر از دو طرف خط وسط راه‌های فرعی (۱۵۰ متر مصوبه شورای عالی + ۵۲/۵ متر حریم قانونی راه)
خطر سوانح طبیعی	پهنه‌های سیل‌گیر

Archive of SID

www.SID.ir

با کمک معیارها و شاخص‌های جدول ۲ و در محیط GIS، زمین‌های نامناسب از نقشه پایه شهرستان ملارد حذف گردید. در مجموع با در نظر گرفتن امکان همپوشی لایه‌ها، مساحت زمین‌های حذف شده از محدودهٔ مطالعاتی بر اساس تمامی معیارهای حذف، بالغ بر ٤٢١٠٣ هکتار و معادل ٤٨/٠٦٪ از مساحت شهرستان است. بنابراین آن مقدار از اراضی شهرستان که برای ارزیابی تناسب باقی می‌ماند حدود ۵۲٪ از اراضی آن است که وارد گام بعدی فرآیند مدلسازی تناسب گردید. در شکل ۵ اراضی حذف شده به اعتبار همه معیارهای حذف‌کننده، نشان داده شده است. چنانچه شکل ۵ را با نقشه کاربری اراضی شهرستان انطباق دهیم مشخص می‌گردد که تمام اراضی کشاورزی شهرستان از فرآیند مدلسازی ارزیابی تناسب حذف شده‌اند.



شکل۵. توزیع زمین‌های حذفی از نظر تمام معیارهای حذف در شهرستان ملارد

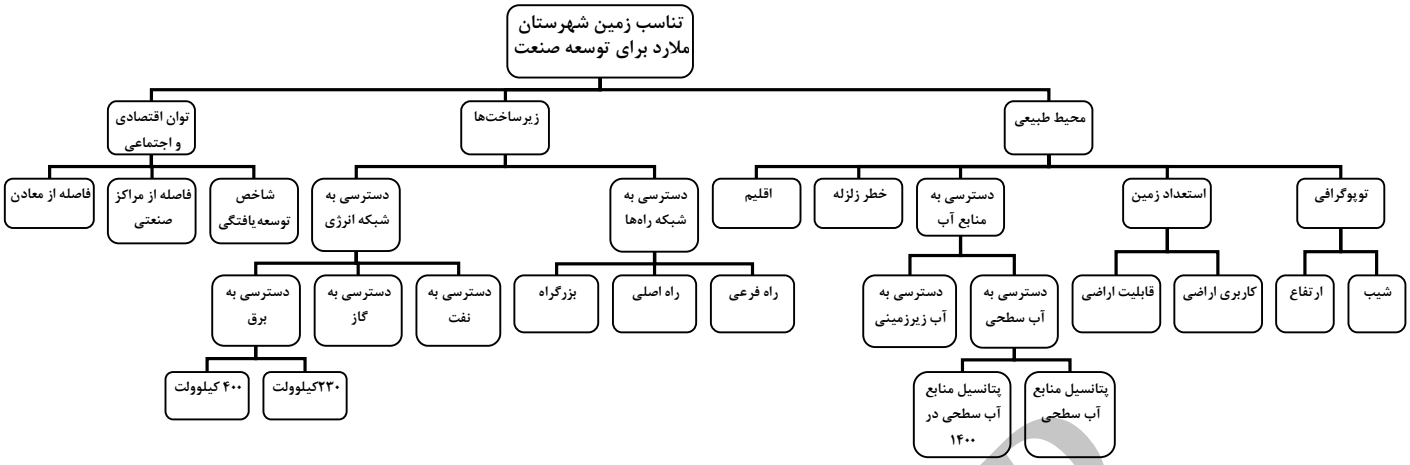
ارزیابی تناسب اراضی باقی‌مانده و تهیهٔ لایه‌های نقشه معیارها

در این مرحله، معیارها و زیرمعیارهای مکانی مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی برای صنعت شناسایی و انتخاب گردید.

سپس برای تعیین روابط و جایگاه آن‌ها نسبت به هدف تحقیق، درخت سلسله مراتبی معیارها و زیرمعیارها مطابق با روش AHP تهیه گردید (شکل ٦). با انتخاب معیارهای ارزیابی، امکان ساخت لایه‌های نقشه معیار تناسب اراضی شهرستان در GIS فراهم گردید. برای این منظور ابتدا معیارهای کیفی، با کمک روش AHP کمی‌سازی شد و سپس تمام داده‌های کمی با هدف مطالعات همسوسازی و با توجه به منطق فازی، استاندارد گردید. داده‌های به دست آمده به پایگاه داده‌ها منتقل و در واحد پیکسل، درون‌یابی و بارگذاری و لایه‌های نقشه‌ای تناسب اراضی باقی‌مانده به ازاء هر معیار و زیرمعیار تشکیل گردید. سپس با کمک تکنیک مقایسات زوجی، ضریب اهمیت لایه‌های نقشه معیار با کمک تکنیک مقایسات زوجی AHP تعیین و با توجه به روابط میان آن‌ها در درخت سلسله مراتبی، با یکدیگر ترکیب گردید. معیار زیرساخت شامل دو زیرمعیار دسترسی به شبکه راه‌ها و دسترسی به شبکه توزیع انرژی است. معیار دسترسی به شبکه راه‌ها از سه زیرمعیار دسترسی به بزرگراه‌ها، دسترسی به راه‌های اصلی و دسترسی به راه‌های فرعی تشکیل گردید. برای ارزیابی تناسب اراضی از نظر این سه زیرمعیار با دستور Distance در نرم‌افزار ArcMap سه لایه نقشه شامل

www.SID.ir

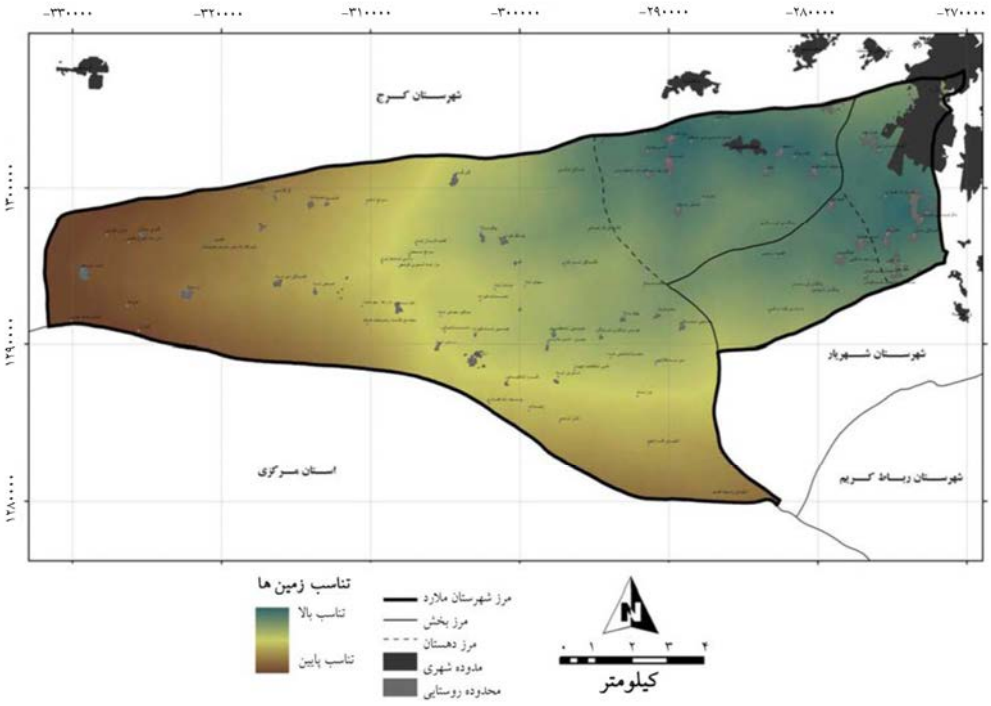
پهنه‌بندی میزان فاصله نسبت به بزرگراه‌ها، راه‌های اصلی و راه‌های فرعی به طور جداگانه تهیه گردید.



شکل۶. ساخت سلسله مراتبی معیارها و زیرمعیارهای مدل ارزیابی تعیین تناسب زمین‌های شهرستان ملارد برای توسعه صنعت

فونت لوتوس شود

مقادیر نقشه‌های فوق با هدف مطالعات همسو نبودند، زیرا هرچه از شبکه راه‌ها دور می‌شویم، ارزش مقادیر پیکسل‌ها (فاصله به متر) افزایش یافته اما میزان تناسب زمین‌ها برای توسعه صنعت کاهش می‌یابد، لذا با استفاده از فرمول همسوسازی، کلیه مقادیر فاصله از شبکه راه‌ها در هر سه لایه نقشه همسو گردید. سپس مقادیر همسو شده از طریق استانداردسازی، بی‌مقیاس و فازی شد و ضریب اهمیت سه زیرمعیار با کمک روش AHP تعیین گردید. این ضرایب در مقادیر هر لایه ضرب و سپس لایه‌های موزون در GIS با یکدیگر جمع شدند. نقشه حاصل از فرآیند فوق همان نقشه رستری پهنه‌بندی طیفی تناسب اراضی شهرستان برای استقرار صنعت به ازاء معیار دسترسی به شبکه راه‌ها می‌باشد. جدول ۳ ماتریس مقایسه زوجی و شکل ۷ تناسب نهایی این معیار را نشان می‌دهد.



شکل۷. تناسب زمین‌های شهرستان ملارد به اعتبار دسترسی به راه

Archive of SID

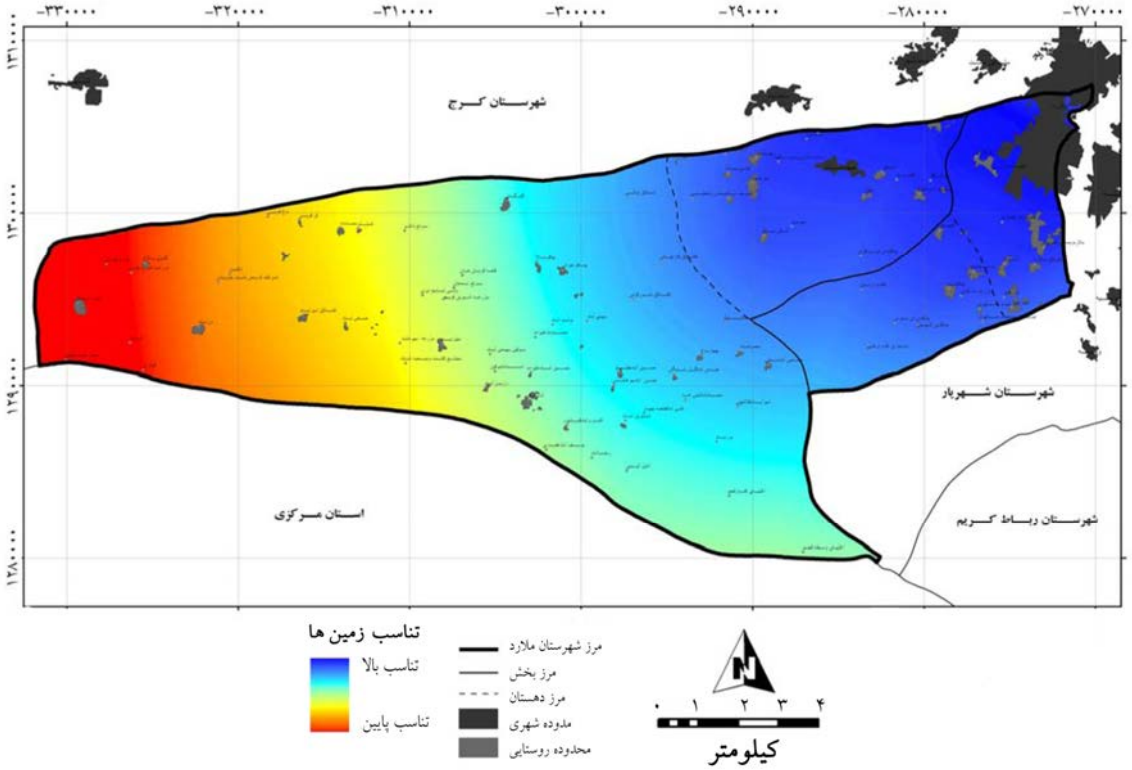
www.SID.ir

معیار دسترسی به شبکه توزیع انرژی نیز از سه زیرمعیار؛ دسترسی به شبکه برق، دسترسی به شبکه گاز و دسترسی به شبکه نفت تشکیل گردید. زیرمعیار برق خود شامل دو زیرمعیار خطوط انتقال برق ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولتی است. در مورد این پارامتر مانند معیار دسترسی به شبکه راه‌ها عمل گردید. نقشه حاصل از این مرحله، نقشه معیار رستری است که میزان تناسب اراضی شهرستان را برای استقرار صنعت، با توجه به معیار دسترسی به شبکه توزیع انرژی نشان می‌دهد (شکل ۸).

برای تهیه لایه نقشه معیار تناسب زمین‌های شهرستان ملارد از منظر معیار اصلی زیرساخت‌ها، ابتدا با کمک تکنیک مقایسهٔ زوجی، ضریب اهمیت معیارهای دسترسی به شبکه راه‌ها و دسترسی به شبکه توزیع انرژی محاسبه شد و این ضرایب در مقادیر هر لایه نقشه معیار، اعمال گردید. در نهایت، لایه‌های وزن‌دار شده در GIS با یکدیگر ترکیب و نقشه نهایی ارزیابی تناسب اراضی محدودهٔ مطالعاتی از نظر معیار زیرساخت تهیه گردید (شکل ۹). نقشه معیارهای محیط طبیعی و توان اقتصادی- اجتماعی، نیز به همین طریق تهیه گردید.

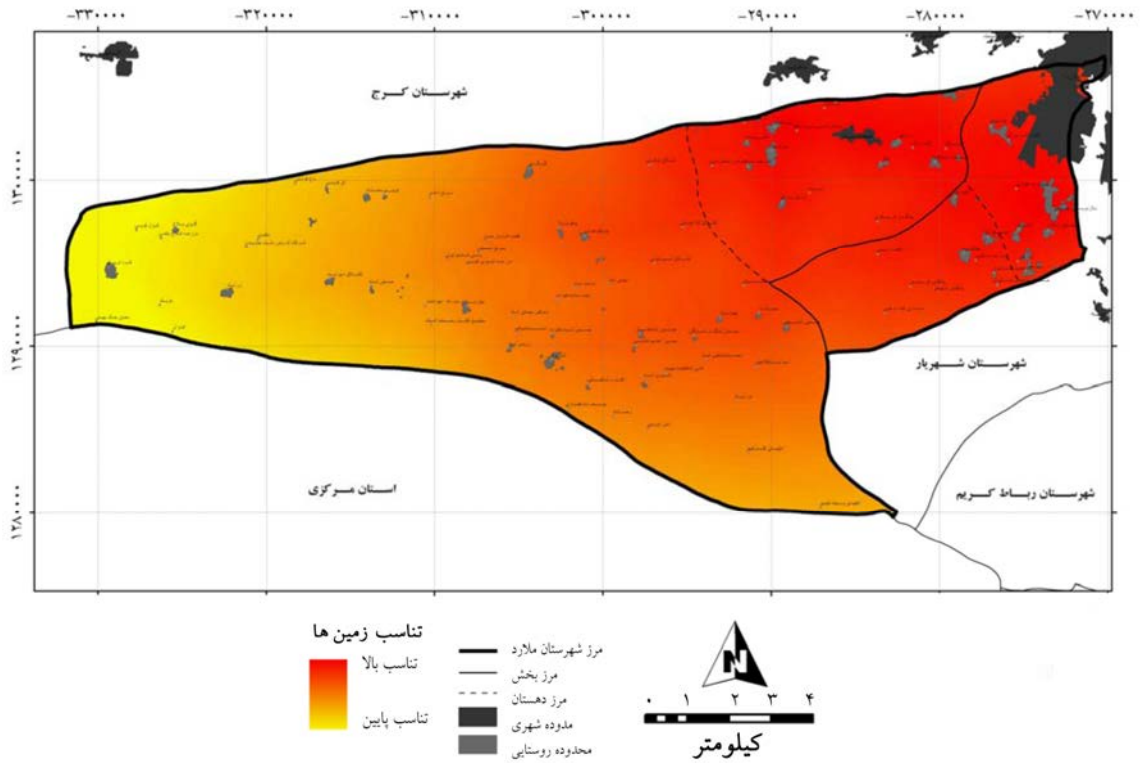
نقشه نهایی تناسب اراضی

برای تهیهٔ نقشه نهایی تناسب اراضی لازم است تا سه نقشه معیار فوق مشابه، پس از تعیین ضریب اهمیت با یکدیگر ترکیب و سپس با لایه نقشه زمین‌های حذفی تلفیق شوند. شکل ۱۰ مراحل طی شده برای تهیه نقشه نهایی را نشان می‌دهد. نتیجه پهنه‌بندی طیفی تناسب اراضی باقی‌مانده برای توسعه صنعت در محدودهٔ دو حد تناسب زیاد تا تناسب کم در شکل ۱۱ آورده شده است.

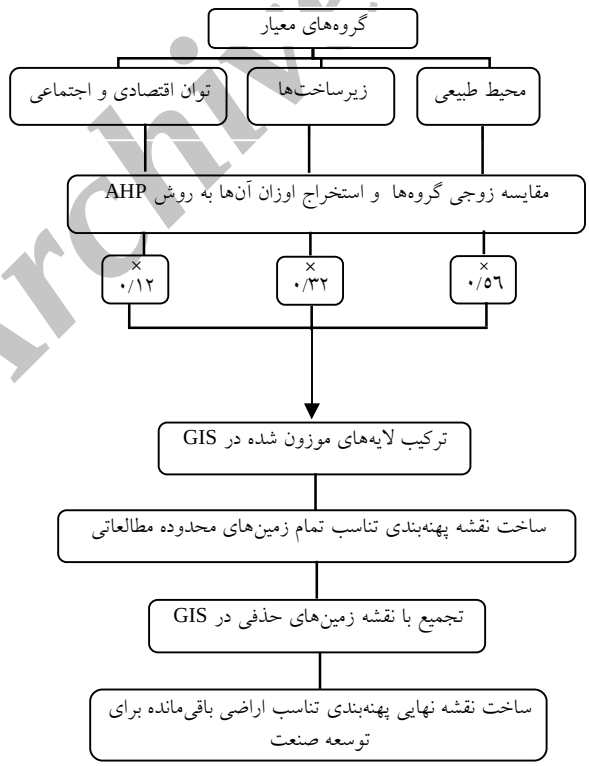


شکل۸. تناسب زمین‌های شهرستان ملارد به اعتبار دسترسی به انرژی

www.SID.ir



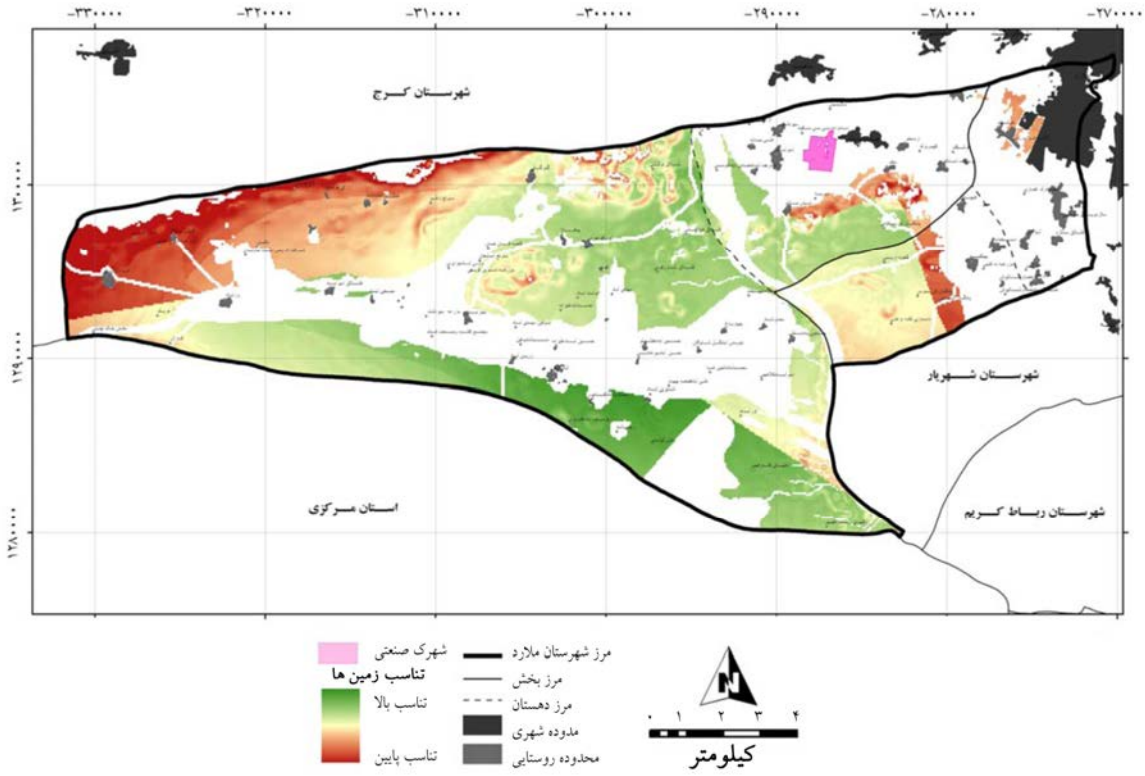
شکل۹. تناسب زمین‌های شهرستان ملارد به اعتبار معیارهای زیرساخت



شکل۱۰. فرآیند تعیین تناسب زمین‌های شهرستان ملارد برای صنعت بر اساس معیارهای اصلی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱۱. تناسب زمین‌های باقی‌مانده شهرستان ملارد به اعتبار همه معیارها

جدول۳. مقایسه زوجی دسترسی به شبکه راه‌ها

ضریب سازگاری	ضریب اهمیت	میانگین هندسی	راه فرعی	راه اصلی	بزرگراه	
	۰/۷۱	۳/۰٤	۷	٤	۱	بزرگراه
-۰/۰۲۳٤۹	۰/۲۱	۰/۹۱	۳	۱	۰/۲۵	راه اصلی
	۰/۰۸	۰/۳٦	۱	۰/۳۳۳	۰/۱٤۳	راه فرعی
جمع -۰/۰۲۳٤۹	۱/۰۰	٤/۳۱				

بحث و نتیجه‌گیری

در فرآیند تحقیق تلاش گردید تا با کمک تجربه پژوهش‌های مشابه و با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های گوناگون علمی و به کارگیری ابزارهای تحلیلی موجود در نرم‌افزار ArcGIS®9.3، فرضیات تحقیق را به آزمون گذارد. مدل ساخته شده و نقشه تناسب بدست آمده در این فرآیند، تا حد زیادی پاسخگوی پرسش اساسی و اهداف بیان شده در ابتدای تحقیق بوده و فرضیات مطرح شده را تایید می‌کنند. نقشه و مدل ارزیابی تناسب زمین بدست آمده دارای چند امتیاز و ویژگی مهم به شرح زیر است؛ پیمایش نقشه نهایی تناسب نشان می‌دهد که از مجوع زمین‌های باقی‌مانده، ۱۹۸۲۱/۹۹ هکتار (۲۲/٦۳٪ مساحت شهرستان) در طیف یا پهنه تناسب زیاد برای تخصیص به صنعت قرار دارند. همچنین ۷۳۵۹/۹٦ هکتار در پهنه تناسب کم و ۱۸۳۱۲/۸۹ هکتار تناسب متوسط قرار دارند (جدول ٤). نکته مهم آنست که مساحت زمین‌های دارای تناسب بالا برای صنعت به تنهایی ۱۵/۷ برابر مساحت اراضی زیر پوشش صنایع و تاسیسات وابسته به آن‌ها (۱۲٤۲ هکتار) در سطح شهرستان وسعت دارند. این بدان معنی است که در شهرستان ملارد نه تنها کمبودی از نظر زمین برای گسترش صنعت و فعالیت‌های وابسته آن وجود ندارد، بلکه برای ده‌ها سال زمین مناسب

Archive of SID

www.SID.ir

جهت تخصیص به نیازهای بخش صنعت موجود می‌باشد بدون آنکه نیازی به دست‌اندازی و تغییر کاربری اراضی کشاورزی باشد. با استفاده از منطق فازی در ارزیابی تناسب زمین‌ها و قالب رستری در ساخت لایه‌های نقشه نهایی، امکان تشخیص، تصمیم‌گیری و انتخاب زمین تا سطح پیکسل (با ابعاد ۳۰×۳۰ متر) فراهم شده است. این مدل و نقشه حاصل از آن تصویر واقعی‌تری از محیط ارائه می‌دهند. زیرا در جهان واقع نیز تغییرات پدیده‌ها عمدتاً پیوسته و تدریجی بوده اغلب و نه بصورت گسسته و منقطع (مثل تغییرات شیب و ارتفاع). تمام زمین‌های نامناسب چه آنها که برای کاربری‌های مهم دیگر مستعد بوده‌اند (مانند زمین‌های کشاورزی) و یا آنهایی که به دلیل قوانین و مقررات کشور باید محفوظ بمانند (مثل حریم راه‌ها) و چه آنهایی که برای احداث صنعت مقرون به‌صرفه نبوده و ایجاد خطر می‌کنند (مانند شیب‌های تند و پهنه‌های سیل‌گیر) از نقشه تناسب و یا به عبارتی از حیطه تصمیم‌گیری به کنار گذاشته شده‌اند. یکی از ویژگی‌های برجسته مدل ساخته شده ارزیابی تناسب در GIS، پویایی آنست؛ به این معنا که در صورت نیاز و یا تغییر شرایط (مثلاً تغییر درقوانین و مقررات حرایم و یا تغییر در ضریب اهمیت معیارها) می‌توان به سادگی تغییرات را وارد مدل و با صرف زمان و هزینه کم، نقشه ارزیابی تناسب روزآمدی مطابق نیازهای جدید تولید کرد. با توجه به نتایج این تحقیق، اطلاعات مربوط به خطر سوانح طبیعی همچون روانگرایی، لغزش و رانش زمین‌ها در مرحله حذف زمین‌ها مورد توجه قرار گرفت. در این مطالعه، همچنین در مقایسات زوجی از دیدگاه کارشناسان استفاده گردید. با توجه به عدم قطعیت حاکم بر فضای برنامه‌ریزی توسعه فضایی و دخیل بودن معیارهای متعدد در آن، استفاده از روش AHP گروهی در تعیین ضریب اهمیت معیارها، موجب کاهش خطای انسانی در قضاوت‌ها شده است.

جدول۴. مساحت اراضی حذف و باقی‌مانده در فرآیند مدلسازی تعیین تناسب

پهنه‌ها	هکتار	درصد
کل شهرستان	۸۷۵۹۸/۰۵	۱۰۰
زمین‌های حذف‌شده	٤۲۱۰۳/۲۱	٤۸/۰٦
زمین‌های باقی‌مانده	٤٥٤۹٤/۸۳	٥۱/۹٤
زمین‌های با تناسب زیاد	۱۹۸۲۱/۹۹	۲۲/٦۳
زمین‌های تناسب متوسط	۱۸۳۱۲/۸۹	۲۰/۹۱
زمین‌های تناسب کم	۷۳٥۹/۹٦	۸/٤۰

منابع مورد استفاده

۱. توفیق، ف. ۱۳۸٤. آمایش سرزمین- تجربه جهانی و انطباق آن با وضع ایران، وزارت مسکن و شهرسازی، ٥۲۱ صفحه.

۲. حکمت‌نیا، ح. و م. موسوی. ۱۳۸٥. کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای. انتشارات علم نوین، ۳۲۰ صفحه.

۳. زبردست، ا.۱۳۸۰. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. مجله هنرهای زیبا، ۱۰: ۱۳-۲۱.

٤. عدیلی، ا.، ع. علی‌محمدی و م. طالعی. ۱۳۸۷. ارزیابی تناسب کاربری زمین شهری: تصمیم‌سازی مکانی-گروهی بر مبنای GIS. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک. ۲۲ الی ۲۳ اردیبهشت، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.

٥. عطایی، م. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چندمعیاره. انتشارات دانشگاه شاهرود. ۳۳۳ صفحه.

٦. علی‌نیائی، ک. ۱۳۸۹. استفاده از GIS برای مکانیابی پارکینگ‌های عمومی با منطق فازی، مطالعه موردی شهر بروجرد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۱۱۲ صفحه.

Archive of SID

www.SID.ir

۷. قدسی پور، ح. ۱۳۸۸. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP. انتشارات دانشگاه امیر کبیر. ۲۳٦ صفحه.

۸. قراگوزلو، ع. ۱۳۸٤. GIS و ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست. انتشارات سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۵۸ صفحه.

۹. کرم، ع. ۱۳۸۷. کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی زمین برای توسعه کالبدی بر پایه عوامل طبیعی (مطالعهٔ موردی: مجموعه شهری شیراز). نشریه علوم جغرافیایی، ۱۱(۸): ۳۳-٥٤.

۱۰. کرم، ع. و الف. محمدی. ۱۳۸۸. ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایهٔ فاکتورهای طبیعی و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۱(٤): ٥۹-۷٤.

۱۱. کلانتری، خ. ۱۳۸۷. برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای، تئوری‌ها و تکنیک‌ها. نشر خوشبین، ۲۸۸ صفحه.

۱۲. گروه مهندسین مشاور همکار توسعه بوم سازگاران پایدار. ۱۳۸٦. طرح کالبدی منطقه فارس. وزارت مسکن و شهرسازی. ۸۷ صفحه.

۱۳. مالچسفکی، ی. ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره. ترجمه: پرهیزکار، ا . و ع. غفاری گیلانده. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). ۵۹۷ صفحه.

۱٤. مهندسین مشاور شرق آیند. ۱۳۸۹. طرح ساماندهی توسعه اقتصادی- اجتماعی فضاهای روستایی اخترآباد شهرستان ملارد. سازمان جهاد کشاورزی استان تهران. ۸۷ صفحه.

15. Aly MH, Giardino JR, Klein AG. 2005. Suitability assessment for New Minia City, Egypt: a GIS approach to engineering geology. Environmental & Engineering Geoscience, 11(3): 259-269.
16. Bojorquez-Tapia LA, Diaz-Mondragon S, Ezcurra E. 2001. GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment. International Journal of Geographical Information Science, 15(2): 129-151.
17. Ishizaka A, Labib A. 2009. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations, ORInsight, 22(4): 201-220.
18. Janardhana Raju NT, Reddy VK and Munirathnam P. 2006. Subsurface dams to harvest rainwater- a case study of the Swarnamukhi River basin. Southern India. Hydrology Journal, 14: 526-531.
19. Malczewski J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, 20(7): 703-726.
20. Oswald M. 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. Computers and Geosciences, 30: 637-646.
21. Saaty TL. 1980. The Analytical Hierarchy Process. McGraw Hill, New York. 350 pp.
22. Saaty TL. 2000. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. 2nd ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications, p.11.
23. Saaty TL. 2002. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. European Journal of Operational Research, 145: 85-91.
24. Svoray T, Bar P, Bannet T. 2005. Urban land-use allocation in a Mediterranean ecotone: Habitat Heterogeneity Model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism. Landscape and Urban Planning, 72(4): 337-351.
25. Ying X, Zeng GM, Chen GQ, Tang L,Wang KL, Huang DY. 2007. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of ecoenvironment quality-A case study of Hunan Province, China. Ecol Model, 209 (2-4): 97-109.

Archive of SID

www.SID.ir

RS & GIS for Natural Resources
(Vol. 5/ Issue 4) winter 2015
Indexed by ISC, SID, Magiran and Noormags
http://girs.iaubushehr.ac.ir

Land suitability assessment for industry's establishment with AHP-Fuzzy logic method (Case study: Malard county)

A. R. Gharagozlou[1], M. Alizadeh[2*]

1. Assis. Prof. Remote sensing and Geographic Information Science, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran
2. MSc. of Remote sensing and Geographic Information Science, College of Environment, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran

Archive of SID

ARTICLE INFO

Article history:
Received 17 February 2014
Accepted 22 May 2014
Available online 8 January 2015

Keywords:
Sustainable development
Modeling
Land suitability assessment
Fuzzy logic
Analytical Hierarchy Process (AHP)

ABSTRACT

Unplanned development of industries can be harmful to sustainable development. Some of the harms include destruction of farmlands and natural ecosystems and emission of environmental pollutants. Furthermore, establishment of industries in unsuitable and risky sites can cause heavy damages. Thus, unplanned development of industrial plants should be stopped and suitable lands for industrial purposes should be studied and identified. The aim of this research is land suitability assessment for industry's establishment in Malard county using AHP-Fuzzy Logic method. Various qualitative and quantitative criteria effective in land suitability assessment were identified and selected. Then, using AHP method, qualitative criteria were quantified and weighed. In modeling process, fuzzy logic was used to convert discrete variables to continuous variables and change data layers to raster format and combines them in Arc®GIS software. Finally, the land suitability map for industrial development was developed.

* Corresponding author e-mail address: Alizadeh9622@gmail.com

www.SID.ir