



مقایسه دو مدل منطق فازی و (AHP) در ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر با تاکید بر پارامترهای طبیعی (مطالعه موردی: شهر سرعین)

ابراهیم بهشتی جاوید*، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی

وکیل حیدری ساربان، استادیار دانشگاه محقق اردبیلی

محمد حسین فتیحی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی

وصول: ۱۳۹۲/۵/۵ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۶، صص ۱۵۰-۱۳۵

چکیده

با توجه به توسعه فیزیکی روز افزون شهرها به ویژه شهرهای جاذب جمعیت مثل شهرهای توریستی و صنعتی، کنترل توسعه فیزیکی متناسب شهری در زمین‌های پیرامونی شهرها یکی از مهمترین دغدغه‌های مدیران و برنامه‌ریزان شهری و محیطی است. برای انجام چنین کاری لازم است تناسب زمین با استفاده از متغیرهای مختلف مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در این پژوهش با استفاده از دو مدل منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر سرعین مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج به دست آمده از مدل‌ها با توجه به وضعیت موجود توسعه شهر مورد بررسی و صحت‌سنجی قرار گرفته است. برای این کار از هشت معیار طبیعی استفاده شده که عبارتند از: شیب، کاربری زمین، تناسب خاک، سنگ‌شناسی، لندفرم‌ها، فاصله از شبکه ارتباطی، فاصله از گسلو فاصله از شبکه زهکشی. نتایج بدست آمده در پنج کلاس کیفی (تناسب خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) طبقه‌بندی و مورد تحلیل قرار گرفتند. در مدل منطق فازی از سه مقدار مختلف گاما (۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹) برای انجام مدل استفاده شد و نتایج بدست آمده نشان داد که گامای ۰/۸ بیشترین انطباق را با شرایط موجود دارد و طبق آن حدود ۶۷ درصد از توسعه شهر بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ در زمین‌های با تناسب متوسط تا زیاد بوده است. حدود ۷ درصد در زمین‌های با تناسب خیلی کم توسعه داشته است. در مدل AHP درصد زمین‌های با تناسب زیاد و متوسط زیاد نشان داده شده است و مقدار زمین‌های نامساعد (مثل مناطق شمال شرقی شهر) بسیار کم نشان داده شده است. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل منطق فازی و عملگر گامای آن نتایج بهتری را نسبت به مدل AHP ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تناسب زمین، منطق فازی، AHP، توسعه فیزیکی، شهر سرعین

مقدمه

امکانات و نیز صنایع و فرصت‌های شغلی و تسهیلات برای شهرهای مختلف، متفاوت است. هموارشهر در نقش مرکز اصلی یکی از ویژگی‌های مهم مناطق شهری نسبت به روستاها توسعه سریع کالبدی این نوع مراکز جمعیتی است که به تناسب تمرکز خدمات و خدمات رسانی به ناحیه خود مورد توجه بوده است (شکوئی، ۱۳۸۳: ۱۷۵). افزایش روز افزون جمعیت نیز به نوبه خود به این امر دامن می‌زند و عدم توجه سیستماتیک و برنامه‌ریزی باعث گسترش لجام گسیخته شهری می‌شود. در بیشتر موارد این امر بدون توجه به توان‌های محیطی و ویژگی‌های محدودیت‌های آنها صورت می‌گیرد که گاهی تبعات جبران ناپذیری را به دنبال دارد. در کشورهای در حال توسعه، رشد سریع جمعیت و وسعت‌یابی ابعاد خانواده‌های روستایی از عوامل مهم مهاجرت روستایی به شهرهاست و شهرها در بیشتر اوقات با یک آشفتگی در گسترش فیزیکی روبرو می‌شوند (شکوئی، ۱۳۸۳: ۱۰۴). امروزه مناطق طبیعی و روستایی در حاشیه شهرها به عنوان فضایی برای توسعه شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند جایی که توسعه نااندیشیده کاربری‌ها باعث تحلیل زمین‌های مرغوب و از بین رفتن اکوسیستم‌های حساس می‌شود (هوانگ، ۱۹۹۰: ۳۰). ارزیابی تناسب زمین فرآیند پیچیده‌ای است که انجام آن به ملاحظات همزمان چندین عامل یا معیار زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی نیاز دارد (کرم، ۱۳۸۴). از ابزارهای توانمند برای چنین وضعیت‌هایی میتوان از توفان مغزی^۱، منطق فازی، روش دلفی،

تکنیک گروه اسمی^۲ و ای.اچ.پی. نام برد (رحیم سرور، ۱۳۸۳). در این بین فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۳ به عنوان یکی از رایج‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره برای وضعیت‌های پیچیده‌ای که سنجه‌های چندگانه و متضادی دارند، ابزار تصمیم‌گیری انعطاف‌پذیر و در عین حال قوی برای ارزیابی زمین به شمار می‌رود (رحیم سرور، ۱۳۸۳). این روش با به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان و نیز توانایی بررسی سازگاری در قضاوت، می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به مکان‌یابی کاربرد مطلوبی داشته باشد (امکارپراساد^۴، ۲۰۰۴، هیل^۵، ۲۰۰۵). به کار بردن این مدل‌ها با استفاده از فناوری‌های نوین شامل سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مقایسه با روش‌های سنتی موجب دستیابی به نتایج دقیق‌تر و صرفه‌جویی قابل ملاحظه در زمان می‌گردد (فتحی، ۱۳۸۹: ۱۵). در کنار آن مدل منطق فازی به عنوان راهکار جدیدی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است، با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم، جایگزین و تاحد زیادی تکمیل می‌نماید (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). روش فازی احتمال عضویت یک پیکسل را به مجموعه‌های فازی با توجه به تابع عضویت فازی ارزیابی می‌کند. مجموعه‌های فازی فاقد مرز مشخصی هستند و عضویت یا عدم عضویت یک مکان در

2 Normal Group Technique

3 Analysis Hierarchy process (AHP)

4 Omkarprasad

5 Hill

1 Brain Storming

دوست و عادل (۱۳۸۷) برای مکان‌یابی محل دفن پسماند در شهر بناب از این روش استفاده کرده‌اند. شادفرو همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از این مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را برای حوزه آبخیز چالکروود تنکابن انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از ای اچ پی نتایج مطلوب‌تری را بدست می‌آورد. شمسی‌پور و شیخی (۱۳۸۹) پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی را در ناحیه غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی بررسی کرده‌اند. حسینی و همکاران (۱۳۹۰) پهنه‌بندی تناسب زمین را برای شهر دیواندره با استفاده از مدل منطق فازی انجام دادند.

در این پژوهش نیز برای ارزیابی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر سرعین از مدل‌های منطق فازی و AHP استفاده شده است. شهر سرعین یکی از شهرهای توریستی کشور است که سالانه پذیرای هزاران گردشگر خارجی و داخلی است. ویژگی‌های طبیعی این شهر باعث رونق منطقه و جذب امکانات و سرمایه‌گذاری‌ها شده و به نوبه خود منجر به رشد کالبدی سریع شهر در دهه‌های اخیر گشته است. افزایش جمعیت از ۱۷۹۴ نفر در سال ۱۳۵۵ به ۴۵۹۹ نفر در سال ۱۳۸۵ بیانگر این مسأله است که لزوم توجه به امر تغییر کاربری‌های پیرامون شهر و تعیین جهات مناسب برای توسعه کالبدی شهر را بسیار ضروری می‌سازد.

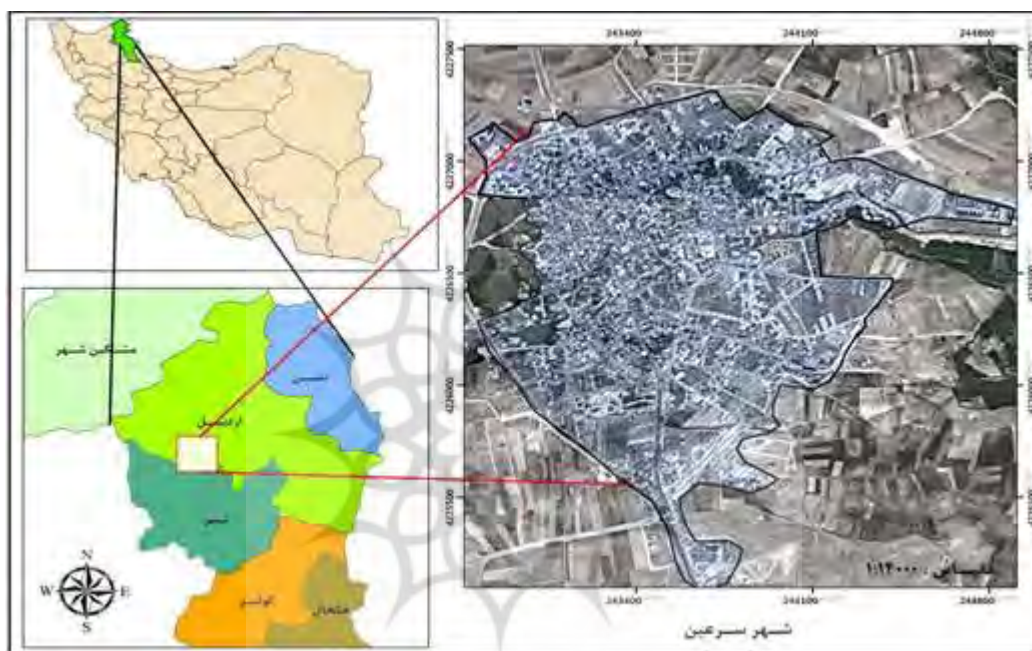
مجموعه‌ای خاص به صورت تدریجی است (Wang et al, 1996). این مدل برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ در اروپا مورد استفاده قرار گرفت. از جمله کارهایی که در سال‌های اخیر با استفاده از این مدل‌ها انجام شده می‌توان به پژوهش انجام شده در ایالت هونان چین اشاره کرد که با ترکیب ای‌اچ‌پی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزیابی کیفیت محیط‌های اکولوژیکی پرداخته است (یونگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). سونگ بونگ و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵ راهبرد جدیدی را برای امکان‌پذیری اضافه کردن و مکان‌یابی ایستگاه راه آهن با استفاده از این تکنیک را پیشنهاد کردند. (Sun & Kihan & bong & Hyun, 2005) و مورایاما (۲۰۰۸) با استفاده از ای اچ پی و سیستم اطلاعات جغرافیایی زمین‌های کشاورزی پیرامون شهری را مورد ارزیابی قرار دادند (Rajesh and Murayama, 2008). وانگ و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از تکنولوژی اطلاعات مکانی و ای اچ پی، مکان یابی محل دفن پسماند را برای پکن انجام دادند (Guiqin at Wang, 2009). چانگ (۲۰۰۸) با استفاده از ترکیب GIS و مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی زمین‌های مستعد را جهت استقرار جنگل شهری در هارلینگن شناسایی کرده است.

از کارهای انجام شده در کشور نیز می‌توان به کار قنواتی و سرخی (۱۳۸۵) برای مکان‌یابی محل دفع بهداشتی مواد زائد شهر آبدانان با روش ای اچ پی اشاره کرد. عبدالهی (۱۳۸۳) با استفاده از روش ای اچ پی و مدل منطق بولین الگوی توسعه فیزیکی و جهت‌پذیری برای توسعه شهر کنگان را کار کرد. خورشید

معرفی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شهر سرعین وزمین‌های پیرامونی را با مساحتی در حدود ۱۴۰ کیلومتر مربع در بر می‌گیرد که به مختصات ۳۸ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه تا ۴۸ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی در دامنه‌های جنوب شرقی

توده کوهستانی سبلان و جنوب غرب شهر اردبیل قرار گرفته است. از نظر موقعیت نسبی سرعین در فاصله هوایی ۲۱ کیلومتری شهر اردبیل قرار گرفته است. مسیر ارتباطی این شهر از جاده اصلی اردبیل - سراب در فاصله ۲۰ کیلومتری اردبیل منشعب می‌شود. تصویر (۱) موقعیت شهر سرعین را نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت شهر سرعین نسبت به شهر اردبیل و نواحی پیرامونی

رطوبت سالیانه آن ۷۱٪ است. بر اساس اطلاعات مرکز آمار ایران جمعیت شهر سرعین در سال ۱۳۵۵ برابر با ۱۷۹۴ نفر، در سال ۱۳۶۵ برابر با ۳۲۳۸ نفر، در سال ۱۳۷۰ برابر با ۳۶۱۸ نفر، در آبان ۱۳۸۵ برابر با ۴۵۹۹ نفر بوده است (سایت مرکز آمار ایران) اما جمعیت شهر در تابستان‌ها به حدود ۳۰۰۰۰ نفر می‌رسد و سالانه بیش از ۲ میلیون گردشگر داخلی و خارجی را پذیرا است (حسین‌زاده، ۱۳۷۸: ۷۹).

قسمت عمده شهر سرعین در دره‌ای کاسه مانند که از شیب‌های ملایم دامنه‌های سبلان بوجود آمده، قرار گرفته است. شهر سرعین به علت قرار گرفتن در نواحی کوهستانی و دامنه‌های جنوب شرقی ارتفاعات سبلان و ارتفاع زیاد از سطح دریا، دارای زمستان‌های سرد و طولانی است. حداکثر درجه حرارت این شهر ۲۵ درجه سانتیگراد و حداقل متوسط دمای آن ۹/۸- گزارش شده است (سایت سازمان هواشناسی اردبیل). متوسط بارندگی سالیانه آن ۵۲۰ میلیمتر و متوسط

جدول (۱) تعداد خانوار و جمعیت سرعین در سال‌های ۸۵-۱۳۵۵

سال		۱۳۵۵		۱۳۶۵		۱۳۷۰		۱۳۸۵	
سرعین	خانوار	جمعیت	خانوار	جمعیت	خانوار	جمعیت	خانوار	جمعیت	سرعین
۳۰۵	۱۷۹۴	۵۳۴	۳۲۳۸	۶۰۶	۳۶۱۸	۱۱۴۰	۴۵۹۹		

وجود جاذبه‌های گردشگری در این شهر و توسعه روز افزون آن به همراه دو میلیون بازدیدکننده در سال، ضرورت انجام مطالعات ارزیابی تناسب زمین را توجیه می‌کند.

مواد و روش پژوهش

داده‌ها

در این پژوهش از منابع اطلاعاتی زیر به عنوان داده‌های پایه استفاده شده است.

- ۱- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰:۱ سرعین به شماره ۵۵۶۶-۳، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
- ۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰:۱ اردبیل، سازمان زمین‌شناسی کشور

۳- نقشه خاک‌های ایران ۴- تصاویر ماهواره لندست (سنجنده TM و ETM)

در گام نخست نقشه‌های فوق در سیستم مختصات UTM زمین مرجع شدند. سپس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی لایه‌های DEM^۱، شبکه جاده‌ای و شبکه آبی تهیه گردیدند از نقشه زمین‌شناسی لایه سنگ-شناسی و گسل‌ها تهیه شد و بالاخره لایه خاکشناسی نیز از نقشه خاک‌شناسی ایران استخراج شد. سپس از اطلاعات فوق لایه‌های مورد نیاز شامل لایه فاصله از راهها، فاصله از شبکه زهکشی و فاصله از گسل‌ها در فرمت رستری با استفاده از نرم افزار Arc map تهیه

شد. نقشه کاربری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه کاربری زمین مربوط به منابع طبیعی تهیه شد. لایه لندفرم‌ها و شیب زمین نیز با استفاده از DEM تهیه شد. بنابراین هشت لایه مورد نیاز در این پژوهش شامل شیب، کاربری، فاصله از راهها، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از گسل، لندفرم، خاکشناسی و سنگ-شناسی آماده شد.

روش پژوهش

مدل منطق فازی

مدل منطق فازی تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است و روشی نوین جهت بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره است. مجموعه‌های فازی از طریق تابع عضویت تعریف می‌شوند. برای هر مجموعه فازی عددی بین صفر تا یک وجود دارد که صفر عدم عضویت کامل و یک عضویت کامل را نشان می‌دهد (حسینی و دیگران، ۱۳۹۰). مدل فازی با استفاده از عملگرهای مختلفی صورت می‌گیرد. از عملگرهای مهم مدل منطق فازی می‌توان به عملگر ضرب جبری فازی (Fuzzy Product)، جمع جبری فازی (Fuzzy Sum) گامای فازی و غیره اشاره کرد. در ضرب جبری فازی تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب شده و در لایه خروجی اعداد به سمت صفر میل می‌کنند که این امر

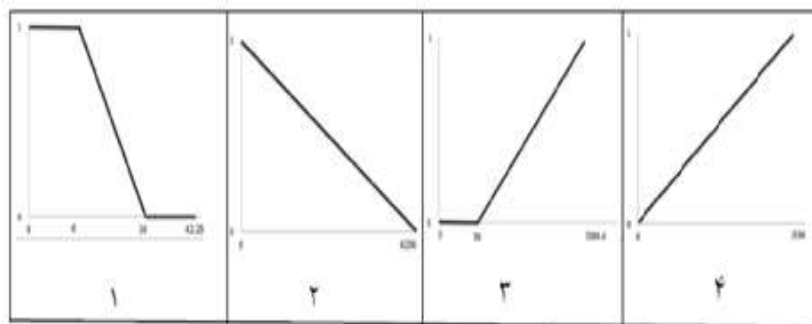
در این پژوهش از ۸ شاخص برای ارزیابی تناسب زمین استفاده شده است. برای اجرای مدل منطق فازی و آماده سازی لایه‌ها از نسخه ۱۰ نرم افزار Arc GIS استفاده شد. به این ترتیب که تمام لایه‌ها با سیستم مختصات مشترک تهیه شده و برای استفاده در مدل منطق فازی استانداردسازی شدند. مکان‌یابی پهنه‌های مناسب برای توسعه شهر بر اساس در نظر گرفتن برخی موارد صورت می‌گیرد که با توجه به لایه‌های مورد استفاده شامل مواردی همچون استقرار در مناطق کم شیب، قرار گرفتن بر روی سازندهای مقاوم زمین‌شناسی، رعایت حریم رودخانه و فاصله از آن، نزدیکی به راه ارتباطی، جنس خاک، تغییر کاربری بهینه زمین به منظور ساخت وساز شهری، لندفرم مناسب، جنس مناسب خاک و فاصله گرفتن از گسل است. لایه‌های مورد استفاده از دو نوع وکتوری و رستری هستند که لایه‌های وکتوری خطی (گسل، آبراهه، شبکه ارتباطی) با استفاده از تحلیل Distance به لایه رستری تبدیل شدند، همچنین لایه‌های وکتوری پلی گونی (لیتولوژی، کاربری زمین، لندفرم، خاک) با دادن کدهای بین ۰ تا ۱ به هر یک از فیلدهای مربوطه به لایه‌های رستری تبدیل شدند که این لایه‌های حاصل از کدهای ارزشی می‌توانند به صورت مستقیم در بازه ۰ تا ۱ به عنوان لایه استاندارد شده از آن استفاده کرد. به همین خاطر نیازی به ایجاد تابع ندارند. برای سایر لایه‌ها با توجه به شناخت، نظرات کارشناسی و روابط معیارها در محیط، توابع هر یک مشخص شد (شکل ۴).

به خاطر ضرب چندین عدد کمتر از ۱ است. در ضرب فازی تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. در عملگر جمع جبری فازی نتیجه همیشه بزرگ‌تر یا مساوی بزرگ‌ترین مقدار عضویت فازی در لایه است. به همین دلیل در نقشه خروجی برخلاف عملگر ضرب جبری فازی ارزش پیکسل به سمت یک میل می‌کند و در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. برای رفع مشکل موجود در دو عملگر فوق از عملگر گامای فازی استفاده می‌شود که نقش تعدیلی در نتیجه دارد و حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقعیت نزدیکتر می‌کند. این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر اساس رابطه (۱) تعریف می‌شود.

رابطه (۱)

$$\mu_{combination} = ((FuzzyAlgebraicSum)(FuzzyAlgebraicProduct))^{1-Y}$$

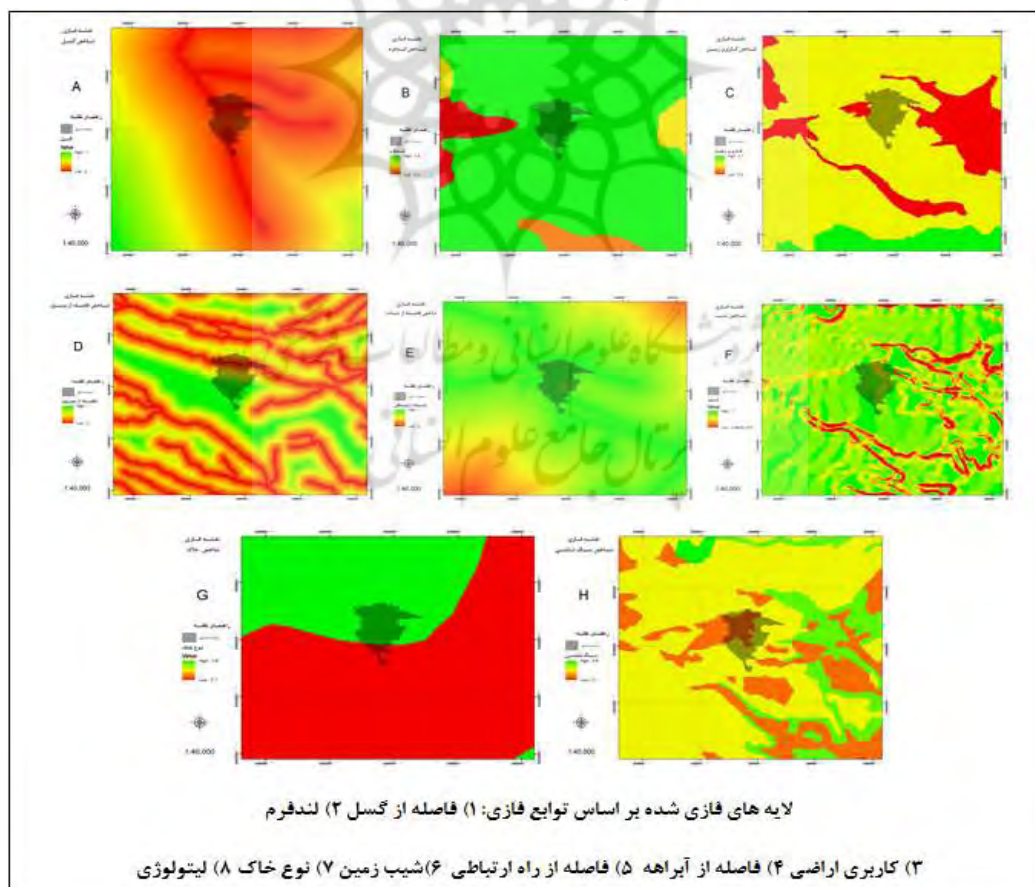
که در آن $\mu_{combination}$ لایه حاصل از گامای فازی و پارامتر تعیین شده در محدوده صفر و یک است. زمانی که را برابر ۱ قرار دهیم ترکیبی که اعمال می‌شود همان جمع جبری فازی و زمانی که برابر صفر باشد ترکیب، برابر با ضرب جبری فازی است. مقدار در نظر گرفته شده برای مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهش ضرب جبری فازی سازگاری دارد. پس باید در نظر داشت که انتخاب صحیح مقدار گاما در بالا بردن دقت کار بسیار مفید است.



شکل (۲) توابع فازی‌سازی معیارها: (۱) شیب زمین (۲) فاصله از راه ارتباطی (۳) فاصله از آبراهه اصلی (۴) فاصله از گسل

دادن کدهای بین ۰ تا ۱ و تبدیل به لایه رستری به حالت فازی تبدیل می‌شوند. هر کدام از این لایه‌ها به تنهایی با توجه به ضابطه و نوع تابعی که برای آن در نظر گرفته شده است محدودیت و امکانات جهات توسعه شهر را بیان می‌کند (شکل ۳).

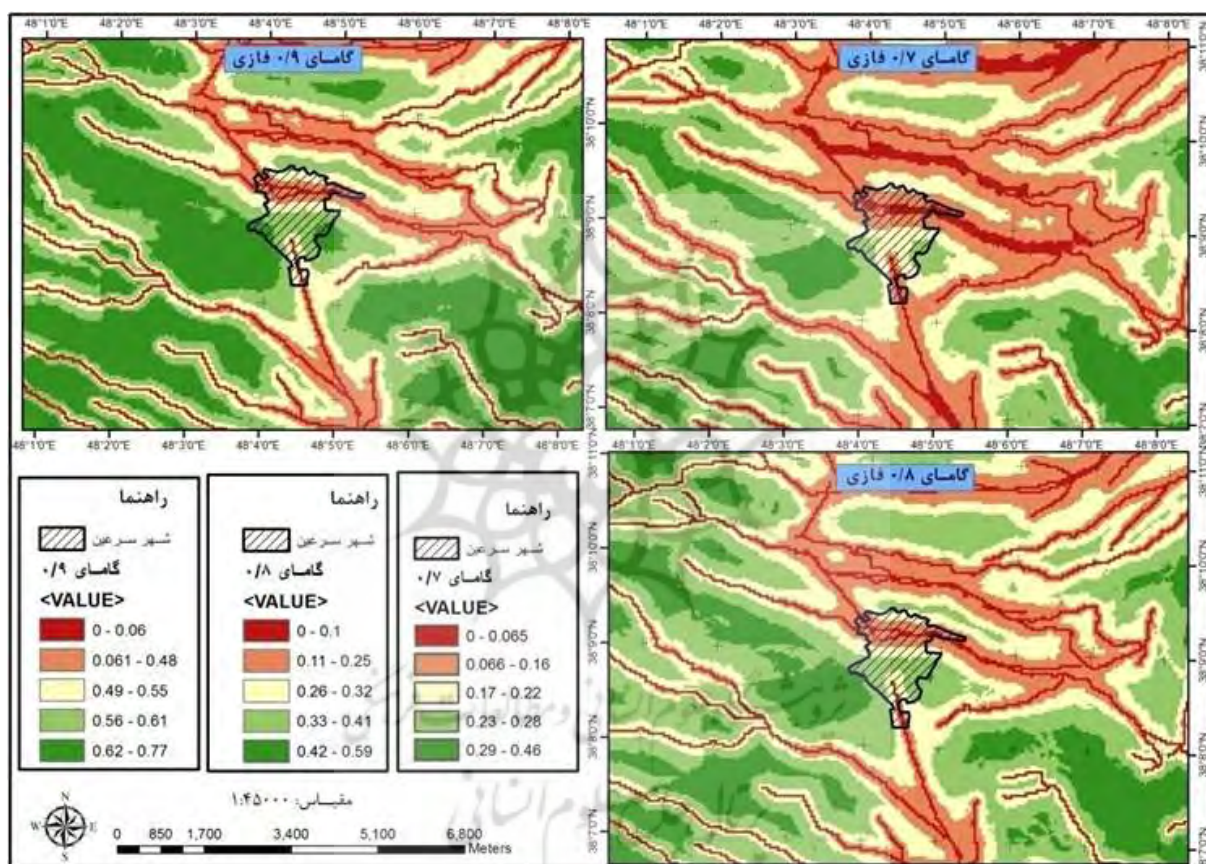
با داشتن توابع فازی می‌توان با استفاده از برخی از توابع موجود در نسخه ۱۰ نرم افزار ARC GIS و یا به صورت فرمول نویسی با استفاده از تحلیل‌گر RasterCalculator لایه‌ها را به صورت لایه‌های استاندارد شده در بازه ارزشی صفر تا ۱ درآورد. لایه‌های وکتوری پلی گونی نیز بدون نیاز به تابع با



شکل (۳) لایه‌های فزی شده

سرعین استفاده شده است. انتخاب گامای مناسب در رسیدن به نتیجه واقعی تر بسیار ضروری است. مقادیری که می‌تواند اختیار کند از صفر تا یک است. با توجه به فرمول‌های تعریف شده برای اعمال گامای فازی لایه نهائی حاصل هر کدام از مقادیر در (شکل ۴) آمده است.

از آنجایی که عملگرهای ضرب جبری و جمع جبری فازی به ترتیب با حساسیت بالا حداقل مکان‌های مناسب و با حساسیت کم حداکثر مکان‌های مناسب را جهت توسعه فیزیکی شهر فراهم می‌آورند از عملگر تعدیلی گاما با مقادیر ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ برای شناسایی پهنه‌های مستعد برای توسعه فیزیکی شهر



شکل (۴) لایه حاصل از گامای ۰/۷، گامای ۰/۸ و گامای ۰/۹ فازی

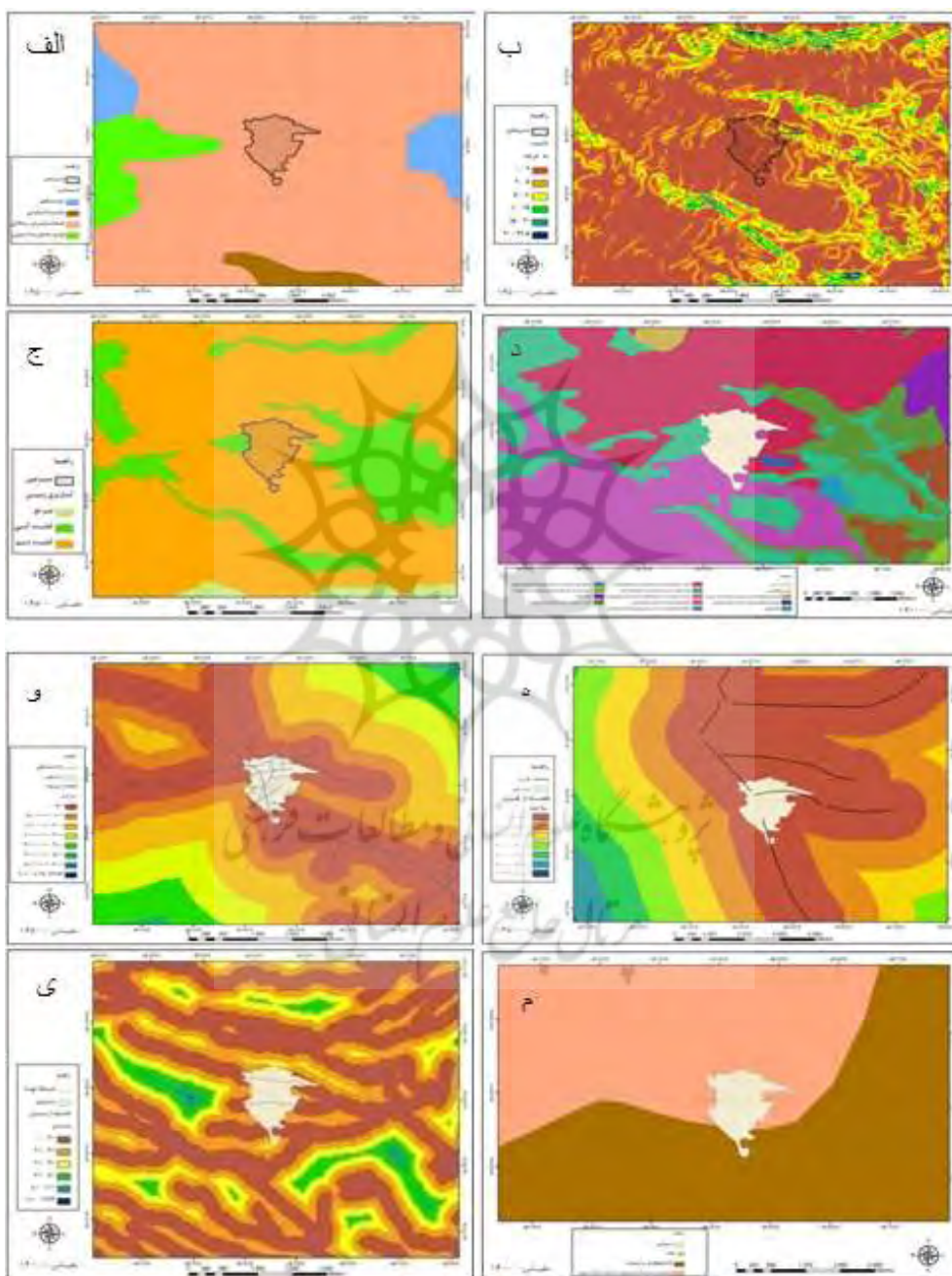
بیشترین انطباق را با وضعیت مناسب توسعه کنونی شهر دارد و پهنه‌های مناسب در این لایه در راستای مناطق مستعد و در عین حال به دور از پهنه‌های پرخطر مثل گسل، شیب زیاد و حریم رودخانه هستند.

برای تشخیص گامای مناسب از مقایسه مناطق مناسب بدست آمده از مدل با نواحی مساعد و نامساعد وضع کنونی شهر و مناطقی با احتمال وقوع مخاطرات طبیعی استفاده شده است. در مقایسه لایه‌های نهائی حاصل از مقادیر ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ گامای فازی مشخص شد که گامای ۰/۸ فازی

مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش AHP برای اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد. اساس این الگو در تصمیم‌گیری بر مقایسات

زوجی نهفته است، یعنی مبانی ارزشی تحلیل‌گر با اطلاعاتی که در مورد جایگزین‌ها (آلترناتیوها) وجود دارد، در هم آمیخته و مجموعه‌ای از میزان‌های اندازه‌گیری اولویت‌ها را برای ارزیابی، پدید می‌آورد.



شکل (۵) نقشه معیارهای طبیعی برای ارزیابی تناسب زمین، که به ترتیب عبارت‌اند از:

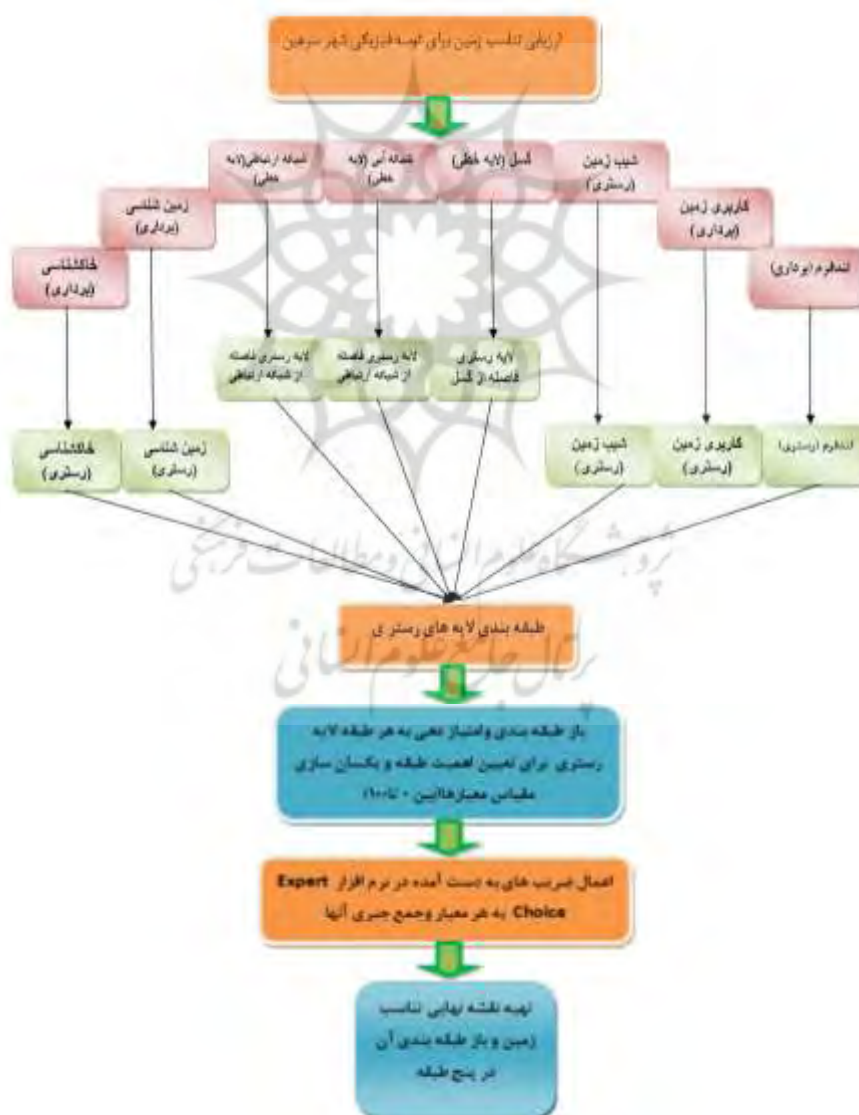
الف-نقشه لندفرم، ب- شیب زمین، ج- کاربری زمین، د-زمین‌شناسی، و- فاصله از شبکه ارتباطی، ه- فاصله از گسل، ی- فاصله از آبراهه، م- خاک‌شناسی.

است که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شود (قدسی پور، ۱۳۸۴: ۱۲). تبدیل موضوع یا مسئله مورد بررسی به یک ساختار سلسله مراتبی مهمترین قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌شود (زبردست، ۱۳۸۸: ۲۱). در این مرحله محقق از طریق ترسیم یک نمودار، سطوح موجود در فرآیند را به نمایش می‌گذارد. شکل (۲) نمایش گرافیکی از این سطوح است.

در تحلیل چند معیاری محقق به دنبال بدست آوردن بهترین آترناتیو (بهترین مکان یا مناسب ترین پیکسل) بر مبنای رتبه‌بندی آنها با استفاده از ارزیابی چند معیاری است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از سه مرحله کلی تشکیل می‌شود.

۱- ساختن سلسله مراتب

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی (ساختار سلسله مراتبی) از مساله

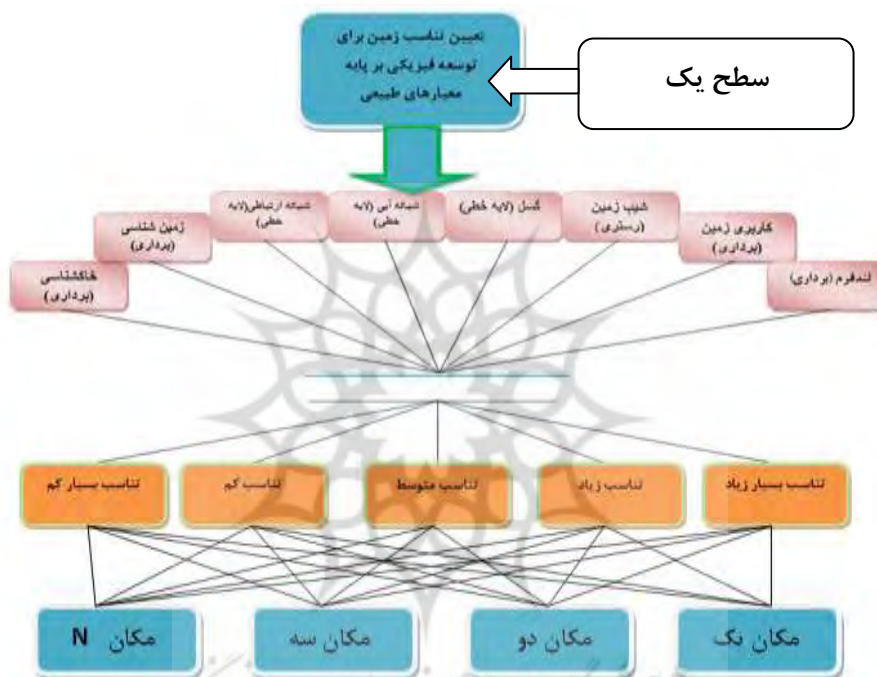


شکل (۶) مراحل ورود داده‌ها در GIS و نتیجه گیری

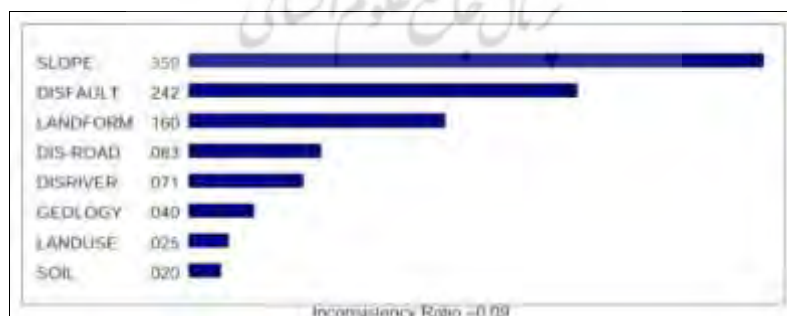
۲- مقایسه زوجی و وزن دهی

در ای اچ پی عناصر سطح دوم به صورت زوجی (دو به دو) با همدیگر مقایسه و وزن‌دهی می‌شوند. مقایسه و وزن‌دهی در ماتریسی متناسب با تعداد معیارهای استفاده شده (در این پژوهش بر اساس ۸ معیار یک ماتریس ۸ x ۸) صورت می‌گیرد. جدول (۲)

و شکل (۳) مقایسه زوجی و وزن‌های اختصاص یافته به هر یک از معیارها را با استفاده از نرم افزار Expert Choice نشان می‌دهد. همان طور که جدول نشان می‌دهد بیشترین وزن‌ها به ترتیب به معیارهای شیب، فاصله از گسل و لندفرم اختصاص یافته است.



شکل (۷) نمایش گرافیکی از سطوح سلسله مراتبی



شکل (۸) نمودار هیستوگرام رتبه‌بندی شده وزن‌های معیارها

جدول (۲) مقایسه زوجی معیارها

معیارها	شیب	گسل	لندفرم	شبکه ارتباطی	شبکه زهکشی	زمین شناسی	کاربری زمین	خاکشناسی	وزن نسبی
شیب	۱	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۸	۰/۳۵۹
فاصله از گسل		۱	۳	۵	۵	۶	۷	۷	۰/۲۴۲
لندفرم			۱	۵	۳	۵	۶	۶	۰/۱۶
فاصله از شبکه ارتباطی				۱	۲	۴	۴	۵	۰/۰۸۳
فاصله از شبکه زهکشی					۱	۳	۵	۶	۰/۰۷۱
زمین شناسی						۱	۳	۴	۰/۰۴
کاربری زمین							۱	۲	۰/۰۲۵
خاکشناسی								۱	۰/۰۲

مرحله سوم-محاسبه نرخ سازگاری^۱ (CR)

نرخ سازگاری به عنوان شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. در واقع درستی و صحت ارزش گذاری‌ها را در مقایسه زوجی نشان می‌دهد. آستانه‌ای که برای این نرخ تعیین کرده‌اند برابر با ۱/۱ است. به این صورت که هرچه عدد به دست آمده کمتر از ۱/۱ یا مساوی با آن باشد، می‌توان مقایسه‌ها را خوب و صحیح دانست. استفاده از این ضریب به تجزیه و تحلیل تصمیم، قبل از انتخاب نهایی مکان کمک می‌کند (دی، ۲۰۰۰). در صورت بیشتر بودن از ۱/۱ نرم افزار کاربر را با اخطار ناسازگاری با خبر می‌سازد (چانگا، ۲۰۰۷). نرخ سازگاری با محاسبه شاخص سازگاری^۴ به دست می‌آید.

رابطه (۱) $CI = \frac{\max - n}{n - 1}$

در رابطه بالا \max عنصر بردار ویژه و N تعداد معیارهاست.

رابطه (۲) وزن معیار/سطر ماتریس ارزش گذاری

$$\max = \text{ستون وزن‌ها}$$

\max باید برای همه معیارها محاسبه شود تا از مجموع آن‌ها در رابطه (۱)، برای محاسبه CI استفاده شود.

شاخص دیگری که برای بدست آوردن نرخ سازگاری مورد نیاز است، شاخص تصادفی^۵ (RI) است که متناسب با تعداد معیارها و از جدول (۳) بدست می‌آید.

$$CI/RI = \text{رابطه (۳)}$$

در این پژوهش با توجه به توضیحات فوق نرخ سازگاری برابر با ۰/۹ به دست آمد.

1 Consistency Ratio
2 Dey
3 change
4 Consistency Index

5 Random Index

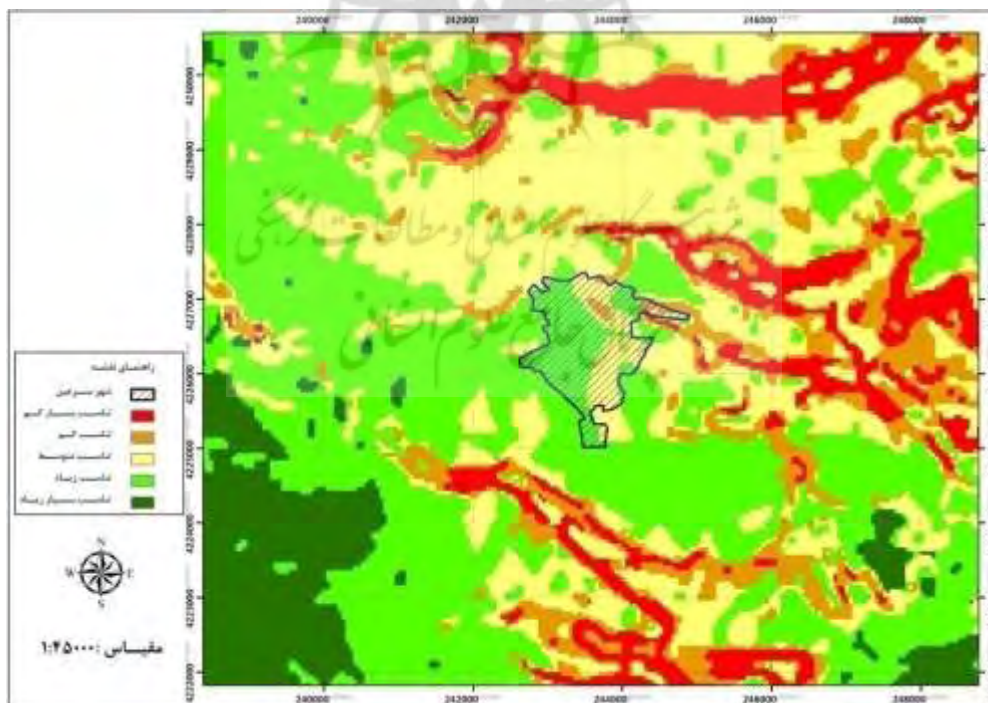
جدول (۳) شاخص تصادفی (RI) برای تعداد معیارهای مختلف

تعداد معیارها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۵

مأخذ: (قدسی پور، ۱۳۸۱: ۷۳)

گذاری لایه محدوده شهر سرعین در سال ۱۳۹۰ با نقشه تناسب زمین نشان می‌دهد که حدود ۶۰/۴٪ از زمین‌های شهری در زمینهایی با تناسب زیاد، ۳۴٪ در زمین‌های با تناسب متوسط و ما بقی در زمین‌های با تناسب کم و بسیار کم (۵/۶٪) قرار گرفته‌اند. بررسی توسعه شهر در بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که ۵۴/۲ درصد توسعه شهر در زمین‌های با تناسب زیاد و بسیار زیاد رخ داده‌است.

خروجی نهایی از مراحل فوق یک نقشه طیفی است که در آن ارزش‌های بیشتر نشان دهنده تناسب بیشتر زمین برای توسعه فیزیکی شهر است. با توجه به این که در ساختار سلسله مراتبی لایه‌ها بر حسب اهمیت از کم به زیاد به پنج کلاس طبقه‌بندی می‌شوند، نقشه بدست آمده به روش شکستگی‌های طبیعی در پنج طبقه با تناسب بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم کلاسه‌بندی شد. روی هم



شکل (۹) نقشه طبقه‌بندی شده تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهر سرعین

جدول (۴) گسترش بافت شهری سرعین طی دوره ۶۸-۱۳۹۰ بر روی انواع طبقات تناسب زمین

توسعه بین سال‌های	تناسب	درصد مساحت
۱۳۶۸-۹۰	بسیار کم	۰/۶
۱۳۶۸-۹۰	کم	۵
۱۳۶۸-۹۰	متوسط	۴۰/۲
۱۳۶۸-۹۰	زیاد	۵۴/۲

نتیجه‌گیری

شناخت ویژگی‌های طبیعی پیرامون مناطق مسکونی به ویژه شهرها در امر برنامه‌ریزی فیزیکی و کالبدی آنها بسیار حائز اهمیت است، چرا که شناخت یک پدیده منجر به تصمیم‌گیری صحیح و انتخاب بهترین گزینه می‌شود. در این پژوهش توسعه فیزیکی شهر سرعین و نقاط مساعد جهت توسعه آن با استفاده از دو مدل منطق‌فازی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. در مدل منطق‌فازی از سه مقدار متفاوت عملگر گاما (۰/۷، ۰/۸، ۰/۹) برای پهنه‌بندی استفاده شد و پس از تهیه نقشه‌ها و مقایسه آنها با نقشه موجود توسعه شهر و مناطق مساعد و نامساعد مسکونی موجود، مشخص شد که گامای ۰/۸ بیشترین انطباق را دارد طبق آن حدود ۳۴ درصد توسعه شهر در زمین‌هایی با تناسب زیاد و ۳۳ درصد توسعه در زمین‌های با تناسب متوسط بوده است و تنها ۷ درصد از توسعه فیزیکی در زمین‌های با تناسب کم است که شامل مناطق شمالی، شمال شرق و شمال غرب منطقه می‌شود که ساخت و سازهای کنار گسل و حریم رودخانه‌ها و مناطق پر شیب را در بر می‌گیرد. با این حال میزان توسعه در زمین‌هایی با تناسب کم، نسبتاً زیاد و معادل ۲۴ درصد است که بیشتر در نیمه شمالی شهر است

که علیرغم شرایط نامناسب‌تر نسبت به بخش‌های دیگر توسعه قابل توجهی داشته و علت آن را می‌توان در وجود چشمه‌های آب گرم در این بخش از شهر دانست. طبق مدل منطق‌فازی بهترین جهات برای توسعه شهر جهت‌های جنوب شرقی و جنوب غربی است توسعه شهر در بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ به سمت غرب بسیار محدود بوده و دلیل آن وجود زمین‌های کشاورزی و باغات است و در نقشه نهایی نیز به عنوان زمین‌هایی با تناسب کم تا متوسط معرفی شده‌اند. نتایج به دست آمده از مدل AHP در مورد بخش‌های شمالی و به خصوص شمال غرب و شمال شرق تفاوت زیادی با مدل فازی دارد و این زمین‌ها را به عنوان زمین‌های با تناسب متوسط تا زیاد معرفی کرده است. نتایج دو مدل در مورد بخش‌های جنوب غرب و جنوب شرق نزدیک به هم است و هر دو این زمین‌ها را مساعد توسعه معرفی کرده‌اند. در بین دو مدل اجرا شده با بررسی‌های صورت گرفته روی نتایج هر کدام مشخص شد که مدل منطق‌فازی نتایج واقعی تری را نسبت به مدل AHP ارائه می‌دهد برای مثال بخش‌های شمالی حوضه که در واقعیت جزو مناطق نامساعد برای توسعه هستند به عنوان زمین‌های مساعد معرفی شده‌اند.

منابع

- حسین زاده، رحیم (۷۹-۱۳۷۸)، بررسی اقتصادی سرمایه‌گذاری در توسعه آب‌های معدنی سرعین طی دوره (۱۳۷۴-۱۳۷۸) و طرحی برای آینده سرعین، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اردبیل.
- حسینی، هاشم؛ کرم، امیر؛ صفاری، امیر؛ قنواتی، عزت‌اله؛ بهشتی‌جاوید، ابراهیم (۱۳۹۰). ارزیابی و مکان‌یابی جهات توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل منطق فازی مطالعه موردی: شهر دیواندره، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۲۰، شماره ۲۳، زمستان ۱۳۹۰.
- خورشید دوست، علی محمد؛ عادل، زهرا (۱۳۸۷)، استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای یافتن مکان بهینه دفن زباله (مطالعه موردی شهر بناب)، مجله محیط‌شناسی، سال سی و پنجم، شماره ۵۰، تابستان ۸۸، صص ۲۷-۳۲.
- سرور، رحیم، (۱۳۸۳)، استفاده از روش ای.اچ. پی در مکان‌یابی جغرافیایی (مطالعه موردی توسعه آبی شهر میاندوآب)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۹، پائیز ۱۳۸۳، صص ۳۸-۱۹.
- سایت سازمان زمین‌شناسی، www.ngdir.ir.
- شادفر، صمد؛ یمانی، مجتبی؛ قدوسی، جمال؛ غیومیان، جعفر (۱۳۷۶)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چلکروود تنکابن)، منابع طبیعی، شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶.
- شکوئی، حسین (۱۳۸۳)، دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری، تهران، انتشارات سمت، جلد یک، صص ۱۰۴.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ شیخی، محمد (۱۳۸۹) پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۳، صص ۵۳-۶۸.
- قدسی‌پور، سیدحسن (۱۳۷۹)، مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره: فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صص ۱۲.
- قنواتی، عزت‌اله، (۱۳۸۵)، مکان‌یابی محل دفن مواد زائد شهری آبدانان به روش AHP، مجله سرزمین، پاییز ۱۳۸۵.
- فتحی، محمدحسین (۱۳۸۹). تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌گزینی مراکز نظامی با استفاده از GIS & RS (مطالعه موردی دامنه‌های غربی کوهستان سهند)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد رهنما دکتر روستایی، رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز. صص ۱۸-۵.
- کرم، امیر (۱۳۸۴)، تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمال‌غرب شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاری (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، زمستان ۱۳۸، صص ۱۰۶-۹۳.
- کرم، امیر؛ محمدی، اعظم (۱۳۸۸)، ارزیابی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه فاکتورهای طبیعی و روش فرایند

- RajeshBahadurThapa, YujiMurayama(2007), Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical Hierarchical process and geographic information System techniques: A case study of Hanoi, Geo environmental Science, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan.
- Sung bong, et al., (2005) Development of the feasibility model for adding new railroad station using AHP technique, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Volume 6.200.
- Xiong Ying, Zeng Guang-Ming, Chen Gui-Qiu, Tang Lin, (2007) Combining AHP With GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality- A case study of Huang province, China.
- Wang Guiqin, Qin Li, Li Guoxue, Chen Lijun, (2009) Land II site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China, Journal of Environmental Management 90.2414-2421
- Wang F, Hall G.B, (1996) Fuzzy representation of geographical boundaries in GIS. International Journal of Geographical Information Science. Vol 10. No 5. P-P 573-590
- تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۴، تابستان ۱۳۸۸.
- نظریان، اصغر؛ ضیائیان، پرویز؛ عبداللهی، علی اصغر (۱۳۸۴)، آشکارسازی مکان‌های بهینه جهت توسعه فیزیکی آتی شهر کنگان، با استفاده از مدل منطق بولین و تکنیک‌های RS و GIS)، نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- Changa, K.F., C.M., Chiangb, P.C. Chou (2007) Adapting aspects of GB Tool 200 searching for suitability in Taiwan, Building and Environment 42 310-316.
- Dey, P.K., E.K., Ramcharan, (2000) Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management.
- Hill, M.J., R., Braaten. (2005). Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis. Environmental Modeling & Software 20 955-976.
- Hough, Michaela, (1990) Out of place restoring identity the regional landscape. Yale College.
- Omkarprasad, V. and K., Sushil, (2004) Analytic hierarchy process: An overview of applications, April.