مدیریت شهری
شماره ۳۲ پاییز و زمستان ۹۲
No.32 Automn & Winter
۲۱۱-۲۲۶
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۳/۲۷ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۹/۲۵

# سنجش استعداد اراضی جهت کاربری توسعه شهری و روستایی با تلفیق تکنیکهای طبقه بندی فازی، AHP فازی و منطق بولین؛ نمونه موردی: شهرستان شمیرانات)

**محمد مالکی*** – دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی توسعه منطقه ای، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
**محمد شیخی** –استادیار دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
**غلامرضا لطیفی** – استادیار دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
**تورش سروی** – کارشناس ارشد برنامه ریزی توسعه منطقه ای، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

**چکیده**
شهرستان شمیرانات در شمال‌شرقی استان تهران یکی از قطبهای گردشگری استان و کشور است. این ناحیه به لحاظ تنوع زیست محیطی و نیز تامین بخش قابل توجهی از آب شرب تهران مورد توجه می باشد. طی سالیان گذشته گسترش مناطق مسکونی و ییلاقی، اکوسیستم شکننده این ناحیه را با تهدید مواجه کرده است. با توجه به اجتناب ناپذیر بودن حد مشخصی از افزایش ساخت و ساز در این شهرستان، تعیین پهنه های مناسب جهت توسعه شهری و روستایی می تواند موجب کاهش هزینه های بعدی شود. ما در این تحقیق به منظور تعیین استعداد اراضی جهت استقرار کاربری شهری و روستایی در محیط GIS از ۸ معیار استفاده کرده ایم. طبقه بندی معیارها از طریق توابع مطلوبیت فازی صورت گرفت. اهمیت نسبی هر یک از معیارها با استفاده از تکنیک AHP فازی تعیین شد. همچنین شاخصهای محدودیت، توسط منطق بولین اعمال گردید. نتایج تحقیق بیانگر این است که تنها ۱۲ درصد از مساحت ناحیه مورد مطالعه، واجد شرایط نسبی جهت کاربری توسعه شهری و روستایی می باشند.

**واژگان کلیدی:** توان اکولوژیک، کاربری اراضی، لایه های فازی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، سامانه اطلاعات جغرافیایی.

**The land capability assessment for the purpose of urban and rural expansion (case study: Shemiranat County)**

Shemiranat County in the northeast of Tehran province is one of the tourism destinations in Iran. This area is outstanding for its considered ecological diversity and water supply. During these years, the residential expansion caused some threat to the fragile ecosystem of this area. Considering the inevitability increase in the construction to some extent in this county, determining the appropriate zones for urban and rural development would lessen the subsequent costs.
In this article, we used 8 criterions in the GIS environment. The classification of these criterions was done by means of Fuzzy Desirability Functions. The relative importance of each criterion has been calculated by Fuzzy AHP technique. Also, limitation criterions have been applied via Boolean logic. The results suggest that only 12 percent of this area meets the relative requirements for urban and rural land use.

**Keywords:** ecological capability, land use, Fuzzy layers, Fuzzy AHP, GIS, MCDM.

* نویسنده مسؤول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۱۰۵۱۲۳۲، رایانامه: mohamad1404@gmail.com

## ۱- مقدمه

هر سرزمین متشکل از عوامل و عناصر متعددی است که در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت هستند. عوامل و عناصر شکل دهنده نواحی مختلف را منابع طبیعی و یا اکولوژیکی می نامند که شامل منابع زیستی و فیزیکی می باشد (میرکتولی، ۱۳۹۰، ص ۷۵). به منظور تصمیم گیری جهت مکان‌دهی و استقرار یک فعالیت خاص بر روی زمین، ابتدا می بایست ملزومات آن فعالیت با وضعیت منابع اکولوژیکی مکان مورد نظر مقایسه و سنجیده شود. چنانچه سرزمینی فاقد توان اکولوژیکی مناسب برای استقرار کاربری خاصی باشد اجرای آن طرح نه تنها سبب بهبود وضعیت زیست محیطی منطقه نمی گردد، بلکه تخریب بیشتر محیط را نیز به ارمغان خواهد آورد (جوزی، ۱۳۸۸، ص ۱۲۸). لذا باید گفت دستیابی به توسعه پایدار و استفاده بهینه از منابع، در گرو شناخت جامع و دقیق از امکانات، توانها و محدودیتهایی است که در رسیدن به وضع مطلوب با آن مواجهیم (کیانی، ۱۳۸۹، ص ۳۳). برای نیل به این هدف، روشهای مختلف ارزیابی توان اکولوژیک به کار گرفته می شوند. بررسی توان اکولوژیک، در واقع سنجش موجودی و توان بالقوه سرزمین با معیارها و ملاکهای مشخص است. این مقوله ابزاری برای تصمیم گیری و برنامه ریزی استفاده از سرزمین برای انتخاب کاربری بهینه و نهایتا دستیابی به توسعه پایدار می باشد (نوری، ۱۳۸۱، ص ۳۴). در واقع این ارزیابی گامی موثر به منظور به دست آوردن برنامه ای برای توسعه هماهنگ با طبیعت است. لذا ارزیابی توان اکولوژیک به منزله پایه و اساس آمایش یا طرح‌ریزی محیط زیستی برای کشورهایی که در صدد دستیابی به توسعه پایدار همراه با حفظ منافع نسلهای آتی هستند، اجتناب ناپذیر خواهد بود (کاشی‌ساز، ۱۳۸۹، ص ۴۴). برای سنجش استعداد اراضی جهت استقرار یک کاربری خاص می بایست هم اطلاعات جامعی از منابع طبیعی ناحیه در دسترس باشد، و هم بر روشها و مدلهای مختلف تلفیق این اطلاعات، و استنتاج از آنها مسلط باشیم. از آنجا که نتایج برنامه ریزی کالبدی و مکان‌دهی کاربریها در بلندمدت بروز می کند، بنابراین باید تا حد امکان از خطاهای برنامه ریزی جلوگیری کرد. آشنایی با ویژگیها و ضعف و قوت هر یک از مدلها، برای استفاده صحیح و به‌جا از آنها و اجتناب از خطاهای برنامه ریزی ضروری است. در این راستا ترکیب تکنیکهای تصمیم گیری چندمعیاره[1] با GIS و ساخت مدل تصمیم گیری چندمعیاره فضایی می تواند یاری‌گر ما باشد (Malkzewski,1999: 26). ما در این مقاله سعی کرده ایم با مرور مدلهای فضایی مورد استفاده جهت سنجش استعداد اراضی، نقاط ضعف و قوت آنها را بشناسیم و با تلفیق مناسب این روشها به یک مدل بهینه دست بیابیم. در نهایت بر مبنای این مدل، تناسب اراضی شهرستان شمیرانات جهت استقرار کاربری توسعه شهری و روستایی مورد بررسی قرار گرفته است.

شهرستان شمیرانات در شمال شرقی تهران یکی از نواحی توریستی اطراف کلانشهر تهران است که به علت جاذبه های طبیعی خود مورد توجه می باشد. طی سالهای اخیر گسترش سکونتگاههای ییلاقی در این ناحیه رشد قابل ملاحظه ای داشته است. توسعه بی ضابطه پهنه های سکونت و فعالیت در شهرستان شمیرانات در کنار شکنندگی زیست‌محیطی ناحیه و اهمیت حیاتی آن برای کلانشهر تهران (با توجه به تامین ۳۰ درصد آب شرب تهران از طریق حوزه آبخیز این ناحیه و سد لتیان) می تواند بحران‌ساز باشد. با توجه به اینکه حد مشخصی از گسترش سکونت و ساخت و ساز در این ناحیه اجتناب ناپذیر می نماید، شناسایی پهنه های مناسب جهت توسعه شهری و روستایی می تواند موجب کاهش خسارت به منابع زیست‌محیطی گردد. با این هدف، در این مقاله به بررسی استعداد اراضی شهرستان شمیرانات جهت استقرار کاربری سکونت و فعالیت پرداخته شده است.

## ۲. مبانی نظری

### الف) پیشینه تحقیق

امروزه مطالعات ارزیابی توان محیط زیست به عنوان پایه ای برای تصمیم گیری و برنامه ریزی استفاده از سرزمین، در تمام نقاط جهان به کار گرفته می شود (جوزی، ۱۳۸۸،

1- MCDM = Multiple Criteria Decision Making

ص ۱۲۸). در آلمان به عنوان کشور پیشتاز در این زمینه، آمایش سرزمین از دهه ۱۹۳۰ میلادی در نظام برنامه ریزی این کشور تثبیت شده است. مساله اصلی آمایش سرزمین در دیدگاه آلمانی، تخصیص کاربری زمین و حفاظت از محیط زیست می باشد. در واقع مفهوم برنامه ریزی در این کشور در معنای خاص خود، همان برنامه ریزی کالبدی برای استفاده از زمین،یا در نقشه جای دادن کاربریهای گوناگون زمین است. این کار در قالب سلسله مراتبی از برنامه های کالبدی از سطح ملی تا سطح محلی انجام می گیرد (توفیق، ۱۳۸۴، ص ۳۴). از دهه ۱۹۶۰، مساله سنجش قابلیت اکولوژیک اراضی جهت تعیین کاربریهای مناسب، در نظام برنامه ریزی کشورهای مختلف، عمومیت یافت. در این سالها «طرح طبقه‌بندی زمین» به عنوان یکی از طرحهای کاربری زمین منطقه‌ای، در سطح جهان مورد توجه قرار گرفت. در این نوع طرحها که بیشتر در سطح منطقه شهری کاربرد دارند با توجه به پتانسیلهای محیط، ناحیه هایی که باید در آنها توسعه شهری تشویق شود و نیز نواحی ای که باید فعالیتهای توسعه ای در آنها متوقف شود، مشخص می شوند (رضویان، ۱۳۸۱، ص ۵۹). در سال ۱۹۶۹ نیز برای اولین بار، مک هارگ با استفاده از یک مدل چند معیاره، شاخصهای مختلف محیطی را به منظور تعیین اراضی مناسب جهت احداث بزرگراه با یکدیگر تلفیق نمود (نری میسا، ۱۳۹۰، ص ۳۰). از آن سال تاکنون و به مدد پیشرفت در فناوری رایانه ها مدلهای سنجش توان اکولوژیک اراضی، پیشرفتهای قابل ملاحظه ای داشته اند که در بخش روش شناسی به آنها خواهیم پرداخت. در سالهای دهه ۹۰ میلادی نیز پس از افزایش انتقادات به دیدگاه خردگرایانه و مکانیکی حاکم بر برنامه ریزی شهری نظیر آنچه که در منشور آتن دیده می شد، دیدگاه محیط زیست گرایی و توجه به دو مقوله حفظ هویت فرهنگی و صیانت از منابع طبیعی مورد پذیرش قرار گرفت. به عنوان مثال منشور ۲۰۰۰، شهر را در بستر اکولوژیک خود قابل مطالعه می داند و آن را در پیوند تنگاتنگ با محیط زیست می بیند. هماهنگی شهر با نظامهای طبیعی در این رویکرد بسیار با اهمیت است. طبق این منشور، شهر باید خود را با نظامهای طبیعی هماهنگ کند (پاپلی یزدی، ۱۳۸۲، ص ۱۱۶). در بستر این دیدگاه، مساله سنجش توان اکولوژیک برای توسعه شهری اهمیت بیشتری یافته است.

مقوله سنجش توان اکولوژیک در ایران نیز اهمیت به سزایی دارد. ارزیابی توان اکولوژیکی در کشور، نقش برجسته ای در توسعه پایدار و حفاظت از تنوع زیستی آن خواهد داشت. اما طی دهه های اخیر، اجرای طرحهای توسعه شهری و روستایی در پهنه سرزمین بدون توجه به توان اکولوژیک اراضی، موجب ظهور بسیاری از مشکلات محیطی، اقتصادی و اجتماعی شده است(Sarifipour,۲۰۰۴: ۸۲). با توجه به این وضعیت و به منظور حفاظت از توان زیستی کشور، لازم است هرگونه برنامه ریزی در خصوص توسعه و عمران ملی و منطقه ای با نگرش به استعدادها و قابلیتهای سرزمین صورت گیرد (میرکتولی، ۱۳۹۰، ص ۷۶).

در ایران مقوله تخصیص کاربریها بر اساس استعداد اراضی، علاوه بر پژوهشهای آکادمیک، به طور رسمی در قالب طرحهای کالبدی انجام می گیرد. طرح کالبدی در سه سطح ملی، منطقه ای و ناحیه ای توسط وزارت مسکن و شهرسازی وقت از دهه ۱۳۷۰ برای کلیه نواحی کشور تهیه می شود. در این طرح، کشور به ۱۰ منطقه و ۸۳ ناحیه تقسیم شده است که برای هر یک از این مناطق و نواحی، طرح کالبدی تدوین می گردد. مطابق تعریف رسمی ارائه شده، «هدف طرح کالبدی ملی، تخصیص ساده زمین میان مصارف گوناگون است. در تخصیص زمین، اهتمام بر این است که ضمن رعایت محدودیتهایی چون توپوگرافی، شیب، آب و هوا و غیره، نیازهای اساسی از نظر کار، فعالیت، سکونت، آسایش، سیر و سیاحت، محیط زیست سالم و ایمنی در برابر سوانح طبیعی به بهترین وجه ممکن برآورده شود» (رهنمایی، ۱۳۸۳، ص ۱۳۰).

## ب) جایگاه سنجش استعداد اراضی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای

در طرحهای کاربری زمین منطقه ای، اراضی موجود به

کاربریهای گوناگونی از جمله کاربری شهری، صنعتی و معدنی، کشاورزی، جنگلی، مرتعی، تفریحی، و اراضی حساس تقسیم بندی می شوند (همان، ص ۱۳۶). سپس برای تخصیص هریک از این کاربریها به اراضی موجود، ضوابطی در نظر گرفته می شود. در این میان با توجه به اثرات شدید توسعه شهری بر محیط زیست پیرامون و بالعکس، تعیین اراضی مناسب جهت توسعه شهری می بایست با دقت مضاعفی صورت پذیرد. در این زمینه دلیر بیان می دارد که تنها در صورتی که محل استقرار شهر طی فرایند مطالعه و برنامه ریزی ناحیه ای مورد ارزیابی زیست محیطی قرار گرفته باشد، می توان انتظار داشت که از جانب شهر، کمترین آثار نامطلوب بر بستر اکولوژیک شهر و ناحیه وارد آید (حسین زاده دلیر، ۱۳۸۰، ص ۱۰۵). لذا می توان گفت گزینش مکان با توجه به ویژگیهای محیط جهت گسترش شهری، از اهم موضوعات برنامه ریزی شهری است. چرا که تامین رفاه شهروندان بدون شناخت ویژگیهای بستر شهر یعنی محیط طبیعی و مسائل ان امکان پذیر نیست (رجایی، ۱۳۸۷، ص ۲۱۹).

## ج) شاخصهای سنجش استعداد اراضی

به منظور سنجش قابلیت اراضی جهت استقرار کاربری شهری، می بایست شاخصهای گوناگونی را در نظر گرفت. یکی از حوزه های اصلی در این زمینه، شاخصهای محیط طبیعی هستند. رجایی معیارهایی از قبیل آب و هوا، منابع آب، منابع زمین شناختی، ویژگیهای ژئومرفولوژیک، ساختار توپوگرافی و ویژگی پوشش گیاهی را برای سنجش توان محیط طبیعی ذکر می کند. زیاری نیز بیان می دارد که برای توسعه شهرهای موجود و ایجاد شهرهای جدید، مهمترین شاخصها عبارتند از شاخصهای فیزیکی، شاخصهای اقتصادی ـ اجتماعی، شاخصهای محیط زیست، و شاخصهای سیاسی. وی در مورد شاخصهای فیزیکی به مواردی از قبیل شیب، قابلیت اراضی، دسترسی به منابع آب، آسیب پذیری در برابر زلزله و گسل، سیل، آتشفشان و... اشاره می کند (زیاری، ۱۳۷۸، ص ۱۱۱). در مورد شاخصهای محیط زیست نیز وضعیت آب و هوایی بر اساس میزان بارندگی و درجه حرارت، و نیز توجه به حداقل آسیب رسانی به محیط زیست را ذکر می نماید (همان: ۱۱۷). شیرانی بر دور بودن کاربری مسکونی از مناطق خطرناک طبیعی مانند گسلها تاکید می کند (شیرانی، ۱۳۸۲، ص ۹۳). رضویان نیز می گوید در مکان گزینی شهر، بایستی وضعیت طبیعی منطقه شامل پستی و بلندی، زمین شناسی، خاک و انواع آن مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین اثرات پوشش گیاهی، وضعیت زلزله خیزی، منابع آب، ارتفاع، شیب و پارامترهای مربوط به اقلیم باید معین و مشخص شوند تا بتوان از این طریق ابعاد و جهات توسعه آینده شهر را تعیین نمود (رضویان، ۱۳۸۱، ص ۷۷). در طرح کالبدی ملی نیز جهت تعیین کاربری مناسب، ۱۲ مجموعه معیار در نظر گرفته شده است که ارتفاع و شیب، حاصلخیزی زمین، اقلیم، دسترسی به منابع آب، توانمندی زمین برای ساخت و ساز و خطر زمین لرزه و سیل از جمله معیارهای زیست محیطی آن هستند (منزوی، ۱۳۹۰، ص ۱۰۱).
اما جامعترین کار را در این زمینه مخدوم انجام داده است. وی برای هر یک از کاربریهای جنگلداری و جنگلکاری، حفاظت اکولوژیکی، اکوتوریسم، آبزی پروری، کشاورزی و مرتعداری، و نهایتا کاربری شهری، روستایی و صنعتی به طور جداگانه مدلهایی ارائه کرده است. در این مدلها وی مجموعه کاملی از معیارها را در نظر گرفته و هر معیار را طبقه بندی نموده است. سپس تعیین کرده که کدام طبقات در هریک از معیارها جهت استقرار یک کاربری مشخص، مطلوب می باشد. در صورتی که زمین مورد بررسی در همه معیارها شرایط لازم را کسب نماید، برای استقرار آن کاربری، مناسب تشخیص داده می شود (مخدوم، ۱۳۸۰ و مخدوم و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۲۱۹). در واقع مخدوم به یک ضرورت مهم در تعیین استعداد اراضی توجه نموده است و آن، لزوم تعریف یک مدل جامع برای این منظور است.

## د) مدلهای ریاضی تلفیق لایه های رقومی

به منظور سنجش توان اکولوژیک اراضی، وجود یک مدل منسجم ریاضی ضروری است. این مدلها اغلب

در محیط GIS اجرا می شوند. GIS یا همان سیستم اطلاعات جغرافیایی کمک می کند تا در سریعترین زمان ممکن، مکانهای مناسب جهت کاربریهای مورد نیاز تعیین شود. البته این امر در صورتی ممکن می شود که اطلاعات وضع موجود به کاملترین صورت در قالب لایه های رقومی مختلف در اختیار سیستم قرار گیرد. اما برای پردازش و تلفیق این اطلاعات در محیط GIS نیاز به مدل سازی داریم. به منظور ساخت مدلهای ریاضی برای پدیده هایی که چند عامل مختلف در نتیجه خروجی آنها موثر هستند، از **تکنیکهای تصمیم گیری چندمعیاره**[1] استفاده می شود. تکنیکهای تصمیم گیری چندمعیاره سعی دارند مشخص نمایند که چگونه به کمک اطلاعات معیارها می توان بهترین گزینه را برای دستیابی به هدف تعیین شده انتخاب نمود. برای این کار دو نوع رویکرد عمده وجود دارد: **مدلهای غیر تعاملی**[2] **و مدلهای تعاملی**[3].

مدلهای نوع اول اجازه هیچگونه تعاملی را مابین مشخصه ها نمی دهند. عدم مزیت یک مقدار نامطلوب در یکی از معیارها نمی تواند توسط مزیت یک مقدار مطلوب در معیار دیگر پوشانده شود و هر مشخصه دارای شخصیت مخصوص به خود می باشد. اما مدلهای تعاملی، اجازه تعامل بین معیارها را می دهند. در این مدلها می توان یک عدد را تحت عنوان شاخص ترکیبی به هر گزینه اختصاص داد. بر حسب نحوه محاسبه این شاخص ترکیبی روشهای متعددی تعریف می شوند (ماکویی، ۱۳۸۶). ما دربخش روش شناسی به بررسی کاربرد هر یک از این دو رویکرد کلی در مقوله سنجش استعداد اراضی می پردازیم و با نقد و آسیب شناسی هر کدام از مدلها سعی می کنیم به یک مدل ترکیبی بهینه برای سنجش توان اکولوژیک اراضی دست یابیم.

## ۳. مواد و روش‌ها

### الف) مواد

شهرستان شمیرانات در دامنه های جنوبی البرز میانی و شمال استان تهران واقع شده است. شمال آن را استان مازندران، غرب و شرق آن را به ترتیب شهرستانهای کرج و دماوند و جنوب آن را شهرستان تهران فرا گرفته است. شهرستان شمیرانات که از دو بخش لواسانات و رودبار قصران تشکیل شده است، با مساحت ۹۹۷ کیلومتر مربع تقریبا ۵/۵ درصد از مساحت استان تهران را پوشش می دهد (محمودیان، ۱۳۸۸، ص ۳۷). این شهرستان طبق نتایج سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵، ۳۸۳۱۱ نفر جمعیت دارد که این جمعیت، جدای از دهها هزار نفر جمعیت ییلاقی و تابستانی ناحیه می باشد. برای انجام این تحقیق، پس از مرور طرحهای فرادست و منابع نظری، شاخصهای مورد نظر تعیین گردید. سپس با مراجعه به سازمانهای مسوول، لایه های رقومی پایه تهیه شد. در مرحله بعد لایه های رقومی مربوط به ارتفاع، درصد شیب، و جهت شیب با استفاده از لایه مدل رقومی ارتفاع[4] تولید گردید. لایه های متوسط بارش سالیانه و متوسط دمای سالیانه بر اساس خطوط هم‌بارش و هم‌دما تولید شدند. لایه فاصله از گسلهای اصلی، با استفاده از لایه گسلهای منطقه تولید شد. همچنین لایه های پوشش گیاهی، زمین شناسی و نیز تصویر ماهواره ای ناحیه، از مراجع مربوطه تهیه گردیده و مورد استفاده قرار گرفت.

جهت تجزیه و تحلیل و تلفیق لایه های اطلاعاتی از نرم افزار Arc GIS ۹,۳ استفاده شد. برای محاسبه شاخص سازگاری در فرم مقایسات زوجی، نرم افزار Expert Choice2000 به کار گرفته شد. رسم نمودارها و محاسبات ریاضی نیز به کمک نرم افزار Excel 2007 انجام گرفت.

### ب) روش‌شناسی

### مدلهای غیر تعاملی

مدلهای غیر تعاملی در سنجش استعداد اراضی عموما بر منطق بولین استوار هستند. روش روی هم گذاری بولین که بر اساس چهار منطق تقاطع، اجتماع، مکمل و غیر استوار است، ساده ترین روش ترکیب معیارها می باشد (عدل، ۱۳۸۸، ص ۲۰۲). در این روش برای انتخاب پهنه مشخصی از ناحیه به عنوان اراضی مناسب جهت یک نوع کاربری خاص، باید مجموعه ای از شرایط مختلف

1- MCDM = Multiple Criteria Decision Making
2- Non Compensatory
3- Compensatory

در زمینه های اقلیم، شکل زمین، خاکشناسی، زمین شناسی و... به طور همزمان مهیا باشد. ضعف یا نبود هر یک از این شرایط، قابل جایگزین شدن با قوت در زمینه سایر شرایط نبوده و منجر به عدم انتخاب آن اراضی بعنوان اراضی مناسب جهت کاربری مشخص شده می گردد. در حال حاضر این روش به علت سادگی و شفاف بودن، بیشترین کاربرد را در برنامه ریزی کاربری زمین منطقه ای دارد. برای شرایط اکولوژیکی ایران، مخدوم مدلهای متعددی را برای سنجش توان اکولوژیک و تعیین استعداد اراضی جهت کاربریهای گوناگون از قبیل جنگلداری، کشاورزی و مرتعداری، توریسم، توسعه شهری، روستایی و صنعتی، آبزی پروری ارائه داده است ( مخدوم و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۲۱۳-۲۲۴).

در این مدلها با عنوان روش تحلیل سیستمی[1] که در حال حاضر به صورت گسترده مورد استفاده قرار می گیرد، برای استقرار بهینه یک کاربری خاص (به عنوان مثال توسعه شهری) مجموعه ای از چندین معیار از قبیل شیب زمین، ارتفاع، متوسط سالیانه بارش، دمای متوسط، بافت خاک، و تراکم پوشش گیاهی در نظر گرفته می شود. لایه رقومی مربوط به هر معیار، تهیه شده و مطابق مدل، طبقه بندی[2] می گردد. به عنوان مثال لایه رقومی مربوط به متوسط دمای سالیانه در ۵ رده (از کمتر از ۱۸° C تا بیش از ۳۰°C ) طبقه بندی می شود. سپس به صورت باینری، به رده هایی از هر لایه که جهت کاربری توسعه شهری مناسب هستند، عدد ۱ و به سایر رده ها (طبقات) عدد ۰ اختصاص داده می شود (قرخلو، ۱۳۸۸، ص ۵۴). مثلا در مورد لایه رقومی متوسط دمای سالیانه، رده های ۲ و ۳ ( یعنی نواحی با متوسط دمای بین ۱۸° C تا ۲۴° C ) عدد ۱ را به خود اختصاص داده و سایر نواحی عدد ۰ را می پذیرند. در نهایت لایه های گوناگونی که بدین ترتیب توسط منطق بولین به صورت ۰ و ۱ درآمده اند، از طریق عملگر AND اشتراک گرفته می شوند (متکان، ۱۳۸۸، ص ۲۱۳).

اصلی ترین مزیت مدلهای غیر تعاملی، این است که هیچ گونه ریسکی را قبول نمی کند. بدین معنی که اراضی ای که طبق این مدل برای یک کاربری خاص، مناسب تشخیص داده می شوند، قطعا حائز بهترین شرایط بوده و در حقیقت نیز مناسب استقرار آن کاربری می باشند (امیری، ۱۳۸۸، ص ۱۲۰). اما این مدل مبتنی بر منطق بولین نقاط ضعفی نیز دارد:

۱- این روش در زمره روشهای غیر قابل جایگزین قرار می گیرد. لذا ارضا نشدن تنها یکی از معیارهای تعیین شده، منجر به عدم انتخاب آن یگان زیست محیطی برای کاربری مشخص شده می گردد. حال آنکه ممکن است در جهان واقع، آن یگان زیست محیطی از لحاظ سایر معیارها چنان وضعیت مطلوبی را دارا باشد که نقص در یکی از معیارها را قابل اغماض نماید. در چنین شرایطی چه بسا مناسب نبودن یک معیار قابل صرف نظر کردن بنماید. حال آنکه در مدلهای مبتنی بر منطق بولین چنین چیزی پیش بینی نشده است. لذا از آنجا که در عالم واقع، معیارهای مختلف جهت تعیین استعداد اراضی تا حدی قابل جبران شدن توسط یکدیگر هستند، مدلهای استفاده شده برای این منظور نیز بایستی از انعطاف لازم در این زمینه برخوردار باشند.

۲- در این مدلها، مرز طبقات به صورت کاملا صُلب و صفر و یکی تعیین می شود. به عنوان مثال در همان لایه مربوط به دمای متوسط سالیانه، نواحی با متوسط دمای ۲۴° C در طبقه سوم یعنی در زمره نواحی مناسب برای کاربری توسعه شهری قرار می گیرند، و نواحی ای که متوسط دمای ۲۴,۱° C دارند (یعنی تنها یک‌دهم درجه سانتی گراد بیشتر) به عنوان اراضی غیر مناسب تشخیص داده می شوند. حال آنکه در حقیقت این تغییر جزئی در دما هرگز موجب نامناسب بودن آن اراضی برای توسعه شهری نخواهد شد. در واقع "تیز بودن" مرز طبقه ها در مدلهای غیر تعاملی، ما را از مدل‌سازی منطبق بر واقعیت دور می نماید (Lodwick, 2008).

۳- در مدلهای مذکور، وزن تمامی لایه ها با یکدیگر برابر است. در واقع طبق این مدلها همه معیارها دارای اهمیت یکسانی هستند. حال آنکه به طور کلی و نیز در شرایط خاص هر منطقه، برخی معیارهای سنجش استعداد اراضی باید از وزن و اهمیت بیشتری برخوردار باشند. این موضوع بیانگر لزوم تعیین وزن برای هر یک

۲- به کمک ابزار Reclassification در محیط ArcGIS

1- DEM = Digital Elevation Model

از لایه ها (معیارها) از طریق روشهای مناسب است.

## مدلهای تعاملی

در روشهای تعاملی بر خلاف روشهای غیر تعاملی، ادغام لایه ها با روشهایی از جمله جمع نمودن لایه ها با یکدیگر صورت می گیرد. بدین ترتیب اولین ایراد وارد بر روشهای غیر قابل جایگزین برطرف می گردد. بدین معنی که در این روش امتیاز معیارهای مختلف با یکدیگر جمع می شود تا یک شاخص ترکیبی که معرّف مجموع معیارها است، بدست آید. لذا در مدلهای تعاملی، ضعف یک واحد زیست‌محیطی در یک معیار، می تواند توسط قوت آن در معیارهای دیگر جبران شود. علاوه بر این، روشهای قابل جایگزین پتانسیل لازم برای رفع دو نقیصه دیگر روشهای غیر قابل جایگزین را نیز دارا هستند:

## لایه های فازی[1]

در مورد صلب بودن مرز طبقات در یک لایه مشخص، که مدل به کار گرفته شده را از حالت طبیعی و واقعی دور می سازد، می توان در قالب روشهای قابل جایگزین از لایه های فازی شده استفاده کرد. لایه های فازی مبتنی بر منطق مجموعه های فازی می باشند. نظریه مجموعه های فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پرفسور لطفعلی عسگری زاده با هدف تبیین پدیده های طبیعی و غیر مطلق به جهان معرفی شد (Zadeh,1965: 338). بر اساس این منطق، ما لایه های رقومی را به صورت فازی طبقه بندی می کنیم. یعنی مثلا در مورد لایه مربوط به دما، به جای آنکه بازه مشخصی را برای دمای مناسب در نظر گرفته و نقاط خارج از آن بازه را یکسره با عدد صفر نشان دهیم، با استفاده از یک تابع عضویت فازی، در مجاورت بازه مربوط به دمای مناسب، امتیاز نقاط را با شیب ملایمی به سمت صفر میل می دهیم. این نوع لایه های رقومی فازی را لایه های فازی خطی می نامیم. فازی سازی لایه ها در مورد لایه های مربوط به متغیرهای پیوسته از قبیل ارتفاع، درصد شیب و غیره به وسیله توابع پیوسته انجام می گیرد. اما لایه های مربوط به متغیرهای گسسته از قبیل پوشش گیاهی، زمین شناسی و غیره، با توابع گسسته چند سطحی فازی می شوند.

## وزن‌دهی به معیارها

روشهای قابل جایگزین این قابلیت را دارند که در چارچوب آن، معیارهای مختلف را بر اساس اهمیت نسبی آنها وزن‌دهی کرد. برای این منظور پیش از جمع نمودن امتیاز معیارهای مختلف برای هر نقطه، ابتدا بر اساس یکی از روشهای گوناگون موجود به هر معیار وزن (ضریب) متناسب را اختصاص می دهیم، سپس امتیاز هر نقطه (پیکسل) را در وزن مربوط به آن معیار ضرب می کنیم. این کار در محیط GIS از طریق ضرب کردن هر لایه در وزن مربوطه انجام می شود. در نهایت لایه های وزن‌دهی شده را با یکدیگر ترکیب می نماییم تا لایه نهایی استعداد اراضی حاصل شود. روشهای متعددی برای وزن‌دهی نسبی و بیان اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر وجود دارد. این روشها در سهولت استفاده، دقت، میزان درک توسط تصمیم گیرندگان و داشتن مبانی نظری با هم تفاوت دارند (کاشی‌ساز، ۱۳۸۹، ص ۴۵). ما در این تحقیق به منظور تعیین وزن نسبی لایه ها از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی[2] استفاده می کنیم. روش AHP یکی از پرکاربردترین روشهای ارزیابی چندمعیاره است که در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ال ساعتی معرفی شد. در این روش، مقایسه دو به دوی معیارها بر مبنای نظر کارشناسان، تعیین کننده وزن معیارها می باشد. از نتیجه این مقایسات دو به دویی یک‌سری وزنها ایجاد می‌شود که جمع جبری آنها برابر یک است (نقدی،۱۳۹۰، ص ۹۵). در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، برای بیان میزان اهمیت یک شاخص نسبت به شاخص دیگر از اعداد ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ و یا معکوس آنها استفاده می شود (Saaty,1980: 79). روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف پذیری، به کارگیری معیارهای کیفی و کمی به طور همزمان و نیز قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت ها می تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه ریزی شهری و منطقه ای کاربرد مطلوبی داشته باشد (زبردست، ۱۳۸۰).

1- Fuzzy Layers
2- Fuzzy Analytical Hierarchical Process

علیرغم مزایایی که برای تکنیک AHP بیان می شود، این روش به دلیل ناتوانی در توجه به عدم قطعیت و مبهم بودن اطلاعات حاصل از برخی قضاوتهای کارشناسان نقد شده است. برای رفع این نقیصه، استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی با استفاده از اعداد مثلثی توصیه شده است (میرزایی، ۱۳۹۰، ص ۴۳۰). در تکنیک AHP فازی، در مرحله انجام مقایسات زوجی از اعداد فازی استفاده می شود. اعداد فازی، تعمیمی از اعداد معمولی هستند و برای بیان ابهام و تقریب مورد استفاده قرار می گیرند (آذر، ۱۳۸۱). به منظور انعکاس تقریب و عدم قطعیت موجود در نظر کارشناسان و نزدیکتر نمودن مدل به واقعیت، در تکنیک AHP فازی از اعداد مثلثی فازی استفاده می شود. بدین منظور روش تحلیل توسعه‌ای[1] را که در سال ۱۹۹۶ توسط یونگ چانگ ارائه گردیده است، به کار می گیریم (Chang,1996: 652).

در این روش اعداد فازی مثلثی به صورت $M_1=(L_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(L_2,m_2,u_2)$ معرفی می شوند. پس از تشکیل ماتریس مقایسه های دو به دویی بین معیارها، آن را مطابق جدول ۱ تکمیل می کنیم (میرغفوری، ۱۳۸۸، ص ۱۲۴). سپس برای هر سطر از ماتریس مقایسات دو به دویی، ارزش $S_k$ که خود یک عدد فازی مثلثی است به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kj} \times \left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} M_{ij}\right]^{-1}$$

که در آن K بیانگر شماره سطر و i و j به ترتیب برابر نشان‌دهنده تعداد سطرها و ستونها است.

در این روش پس از محاسبه Sk ها باید درجه بزرگی آنها را نسبت به هم بدست آورد. اگر $M_1$ و $M_2$ دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی $M_1$ بر $M_2$ به صورت زیر تعریف می شود:

$$V(M_1 \geq M_2) = \begin{cases} 1 & \text{اگر } m_1 \geq m_2 \\ 0 & \text{اگر } u_1 < L_2 \\ \dfrac{u_1 - L_2}{(u_1 - L_2) + (m_2 - m_1)} & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

سپس برای مقایسه وزن شاخصها در ماتریس مقایسات زوجی، به صورت زیر عمل می کنیم:

$$w'(x_i) = min\{V(S_i \geq S_k)\}$$

$$k = 1,2,\dots,n \;\; ; \;\; k \neq i$$

بدین ترتیب ضرایب غیر نرمال معیارها بدست می آید. برای محاسبه بردار ضرایب نرمال، هر یک از $w'(x_i)$ ها را تقسیم بر مجموع آنها می کنیم (حاذقی، ۱۳۸۸، ص ۸۱).

در نهایت به منظور تعیین امتیاز کلی هر یک از نقاط جغرافیایی برای استقرار کاربری شهری بر اساس روش ترکیب خطی وزن‌دار[2]، هر لایه رقومی را در ضریب یا وزن آن لایه (معیار) ضرب نموده و لایه های وزن‌دهی شده را به صورت جبری با یکدیگر جمع می کنیم (شمسی‌پور، ۱۳۸۹، ص ۶۰):

$$f(x) = \sum w_i * \mu_i(x)$$

## اعمال معیارهای محدودیت

بر اساس آنچه گفته شد، با تلفیق منطق فازی با روشهای قابل جایگزین در تصمیم گیری چندمعیاره توانستیم نقایص روشهای پیشین را برطرف کرده و از مزایای هر یک از روشها بهره‌مند شویم. اما در عالم واقع هرچند ضعیف بودن یک نقطه جغرافیایی در یکی از معیارها برای استقرار یک کاربری خاص تا حدی قابل جبران توسط سایر معیارها است، اما این قاعده به صورت مطلق جاری نیست. توضیح آنکه اگر آن نقطه در زمینه یکی از معیارها بیش از حد معینی ضعیف باشد، دیگر بالا بودن امتیاز سایر معیارها هم نمی تواند آن نقیصه را جبران کند. به عنوان مثال چنانچه درصد شیب از حد معینی (مثلا ۳۰درصد) بالاتر رود، حتی اگر سایر

1- EA= Extent Analysis Method
2- WLC = Weighted Linear Combination

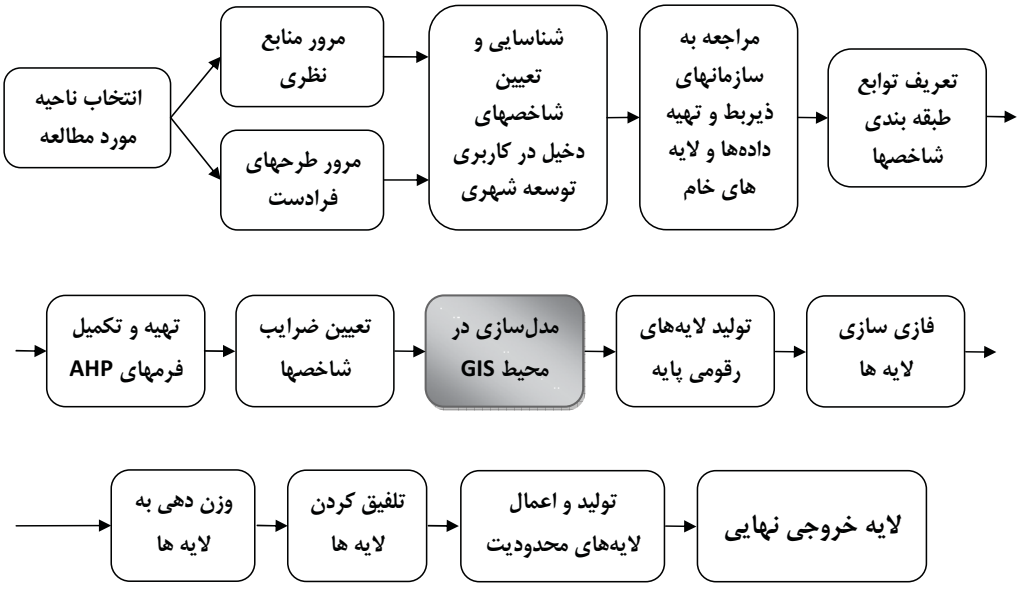
**جدول ۱. اعداد فازی متناظر با ارجحیت‌ها در مقایسات زوجی**

| مقیاس فازی مثلثی طرف مقابل | مقیاس فازی مثلثی | مقیاس غیر فازی | مقیاس کلامی اهمیت نسبی |
|---|---|---|---|
| (۲/۳,۱,۲) | (۱/۲,۱,۳/۲) | ۱ | اهمیت یکسان |
| (۱/۲,۲/۳,۱) | (۱,۳/۲,۲) | ۳ | نسبتا با اهمیت |
| (۲/۵,۱/۲,۲/۳) | (۳/۲,۲,۵/۲) | ۵ | با اهمیت |
| (۱/۳,۲/۵,۱/۲) | (۲,۵/۱,۳) | ۷ | اهمیت زیاد |
| (۲/۷,۱/۳,۲/۵) | (۵/۲,۳,۷/۲) | ۹ | کاملا با اهمیت |

معیارها در مطلوب‌ترین وضعیت باشند، آن نقطه برای کاربری شهری کاملا نامناسب تشخیص داده شده و از دایره بررسی حذف می گردد. از این رو برای ساخت یک مدل بهینه، از ترکیب روشهای قابل جایگزین و غیر قابل جایگزین استفاده می کنیم. بدین منظور برای هر معیار، حدی را تعیین می کنیم که چنانچه امتیاز یک نقطه در یکی از معیارها از آن حد فراتر رود، آن نقطه بدون در نظر گرفتن امتیاز سایر معیارها به عنوان کاملا نامناسب معرفی شود. این حدود را محدودیتهای معیارها می نامیم. برای این کار بر اساس منطق بولین، در هریک از لایه های رقومی که معرف یکی از معیارها است، نقاط فراتر از حد محدویت را با صفر و نقاط بدون محدودیت را با یک نشان می دهیم. سپس این لایه ها را بر اساس رابطه زیر با لایه های وزن‌دهی شده مرحله قبل ترکیب می کنیم:

$$f(x) = (\sum w_i * \mu_i(x)) * \prod C_i$$

در رابطه فوق $C_i$، لایه مربوط به محدودیت معیار i است که شامل ارزشهای صفر و یک است. در این رابطه پس از اعمال وزن معیارها و محاسبه مجموع آن، نتیجه در نمرات عوامل محدودیت ضرب می شود. در نتیجه نواحی ای که حداقل در یکی از معیارها دارای محدودیت باشند، به کلی فاقد تناسب تشخیص داده می شوند (فرج زاده، ۱۳۸۳، ص ۹۰).

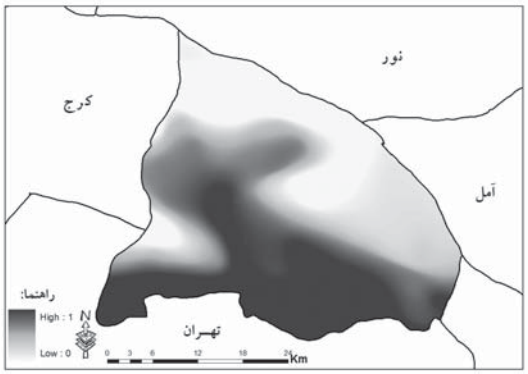



**شکل ۱. مراحل انجام تحقیق**

بدین ترتیب ما به مدلی مرکب از روشهای گوناگون ارزیابی چندمعیاره دست یافتیم که در عین سادگی، در برگیرنده مزایای تمامی این تکنیکها بوده و از نقایص آنها تا حد زیادی به دور است. حال می بایست این مدل در محیط GIS پیاده سازی شود.

## ۴. تجزیه و تحلیل داده ها

برای تعیین استعداد اراضی با هدف استقرار کاربری توسعه شهری و روستایی، در این تحقیق ۸ معیار در نظر گرفته شد. معیارهای دما، بارش، ارتفاع، درصد شیب، جهت شیب و فاصله از گسل به عنوان متغیرهای پیوسته و دو معیار نوع پوشش گیاهی و زمین شناسی منطقه به عنوان متغیرهای گسسته انتخاب شدند. پس از تهیه لایه های رقومی مربوط به هر معیار، فرایند فازی‌سازی لایه ها صورت گرفت. این کار برای متغیرهای پیوسته، توسط توابع مطلوبیت پیوسته (شکل شماره ۲) و برای متغیرهای گسسته از طریق توابع مطلوبیت چندسطحی گسسته انجام شد (جداول شماره ۲ و ۳). در لایه فازی شده هر معیار، نقاطی که در زمینه آن معیار کاملا برای توسعه شهری و روستایی مساعد بوده اند عدد یک، نقاط کاملا نامساعد عدد صفر، و سایر نقاط بسته به میزان مطلوبیتشان جهت استقرار این کاربری، امتیازی در بازه صفر تا یک را به خود اختصاص داده اند (نقشه های ۱ تا ۸).




**نقشه ۱. لایه فازی شده دما**

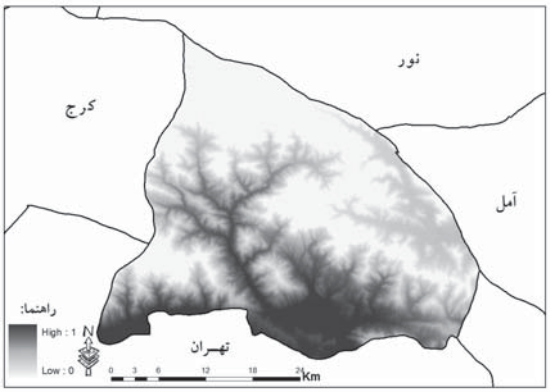
همچنین برای تلفیق لایه های رقومی مربوط به معیارهای مختلف، مقیاس ها باید در تناسب با همدیگر قرار داشته باشند. به منظور قابل مقایسه کردن نقشه های معیار با همدیگر از چندین روش می توان استفاده کرد. یکی از این روشها همین فازی کردن لایه ها است (مالچفسکی، ۱۳۸۵). لذا طبقه بندی معیارها با روش فازی، علاوه بر منعطف کردن مرز طبقات، موجب بی مقیاس شدن لایه ها می شود؛ در نتیجه این لایه ها قابل ترکیب شدن با یکدیگر خواهند بود.

**جدول ۲. طبقه بندی معیار زمین شناسی**

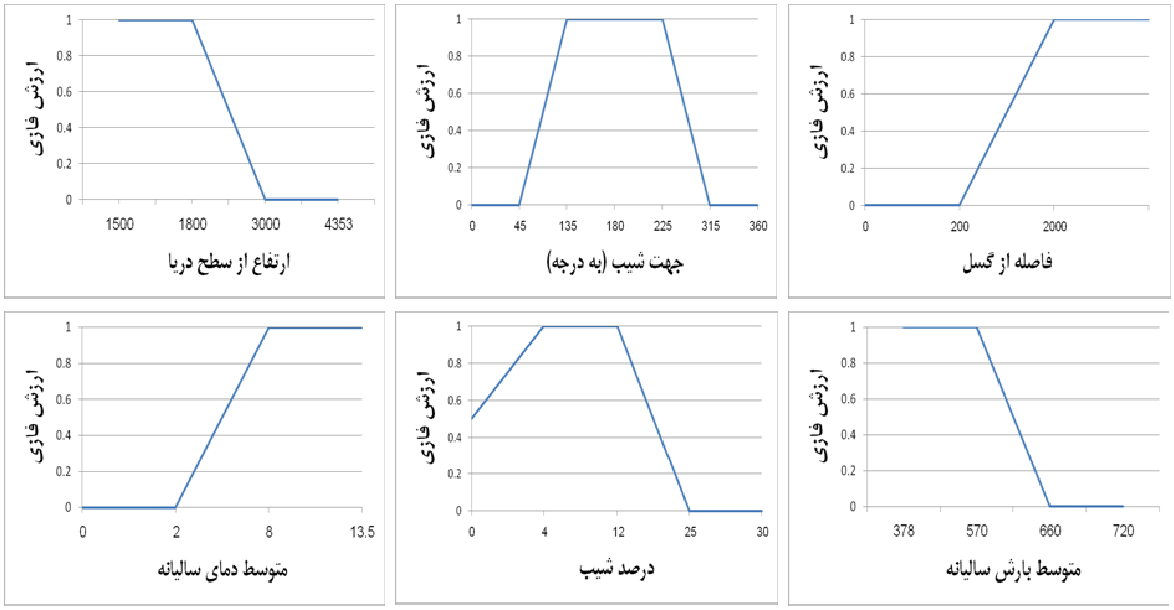
| زمین شناسی | ارزش |
|---|---|
| دولومیت، کنگلومرا، سنگهای آذرین، آهک و آبرفت | مناسب |
| ماسه سنگ، برش و رسوبات رودخانه ای | نیمه مناسب |
| شیل، شیست، مارن، گچ و ژیپس | نامناسب |

**جدول ۳. طبقه بندی معیار پوشش گیاهی**

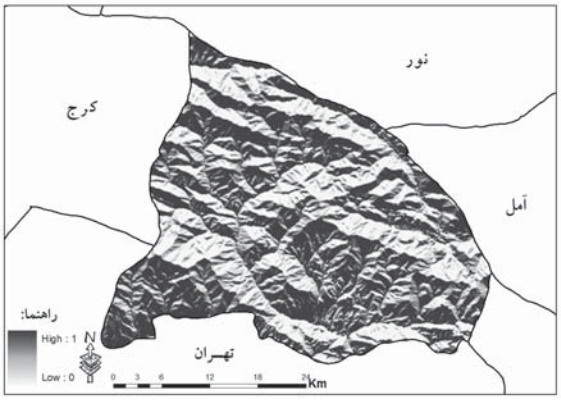
| نوع پوشش گیاهی | ارزش فازی |
|---|---|
| زراعت و باغ، جنگل دستکاشت، سطوح آبی | ۰ |
| مراتع متراکم، درختچه زار | ۰.۲۵ |
| مراتع نیمه متراکم | ۰.۵ |
| مراتع کم تراکم | ۰.۷۵ |
| بیرون زدگیهای سنگی | ۰.۹ |
| مناطق مسکونی | ۱ |



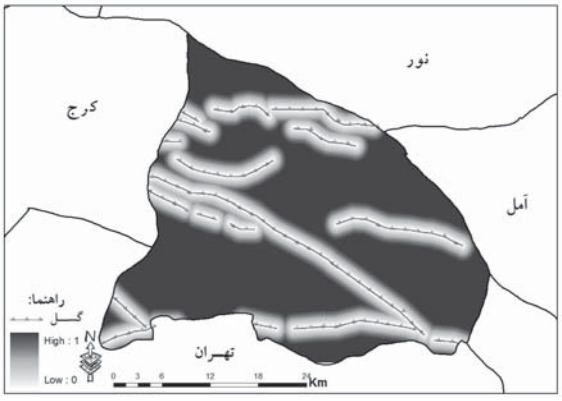

**نقشه ۲. لایه فازی شده ارتفاع**



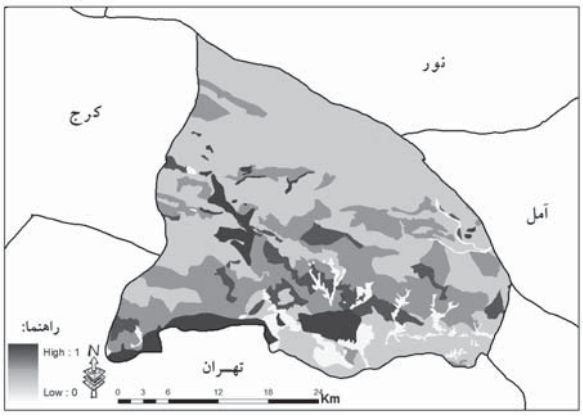

**شکل ۲- توابع مطلوبیت فازی معیارها**



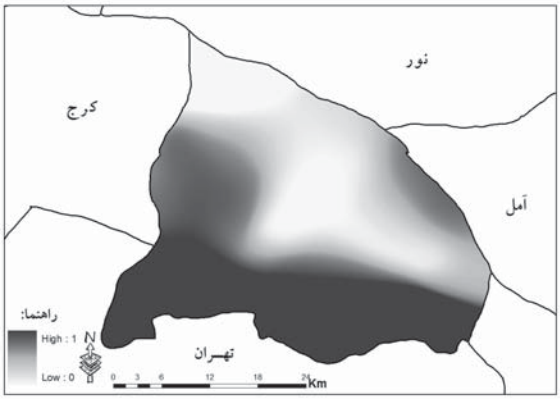

**نقشه ۳. لایه فازی شده جهت شیب**



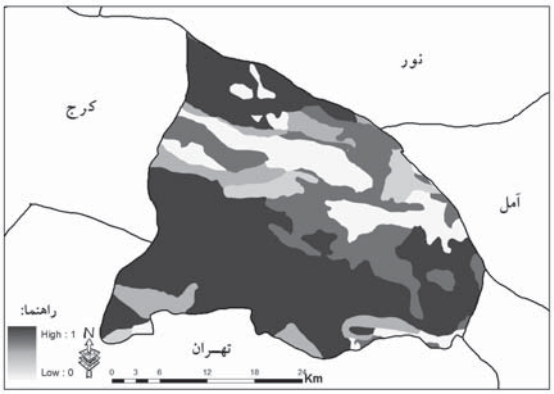

**نقشه ۴. لایه فازی شده فاصله از گسل**



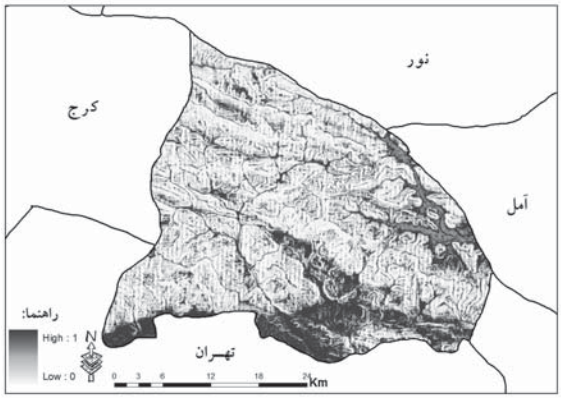

**نقشه ۵. لایه فازی شده پوشش گیاهی**




**نقشه ۶. لایه فازی شده بارش**

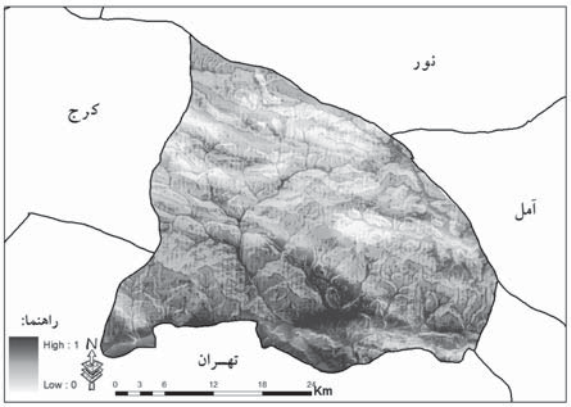



**نقشه ۷. لایه فازی شده زمین‌شناسی**




**نقشه ۸ . لایه فازی شده درصد شیب**

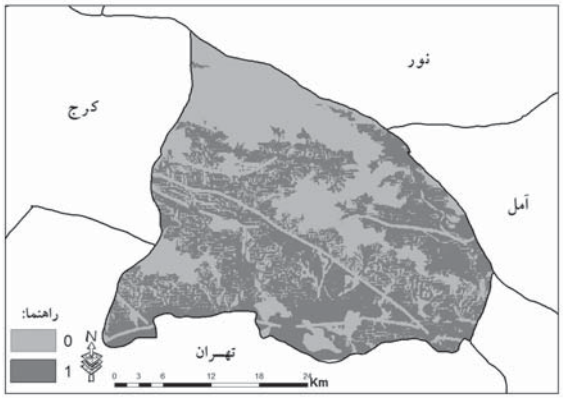
در مرحله بعد، ۴ شاخص محدودیت به صورت زیر تعریف شد: ارتفاع بالای ۳۰۰۰ متر؛ شیب بیش از ۳۰ درصد؛ فاصله از گسل کمتر ۲۰۰ متر؛ و کاربری از نوع زراعت و باغ، جنگل دست‌کاشت و سطوح آبی. این ۴ لایه محدودیت به صورت صفر و یکی (باینری) ساخته شدند. سپس اندازه پیکسل، سیستم مختصات و پروجکشن تمامی لایه ها یکسان گردید. به منظور تعیین وزن هر لایه در قالب تکنیک AHP فازی، قضاوتهای کارشناسی به اعداد مثلثی فازی تبدیل شده و با روش تحلیل توسعه ای وزن نسبی هر معیار محاسبه شد. با ضرب کردن وزن هر معیار در لایه مربوط به آن و جمع نمودن لایه های وزن‌دهی شده مطابق رابطه ۳، لایه خروجی به دست آمد (نقشه شماره ۹).




**نقشه ۹. لایه حاصل از وزن‌دهی و ترکیب معیارها**

$$Out = 0.0465*[temp] + 0.2494*[slope] + 0.0417*[rain] + 0.0823*[height] + 0.2004*[dist] + 0.1187*[asp] + 0.0864*[land] + 0.1745*[mr]$$

(رابطه ۳)

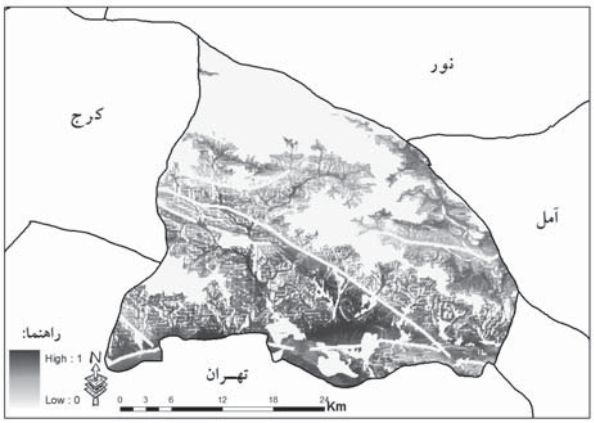



**نقشه ۱۰. لایه حاصل از ادغام شاخصهای محدودیت**

که در این رابطه:

[out]:نام لایه خروجی؛ [temp]:متوسط دمای سالیانه؛ [slope]:درصد شیب؛ [rain]:متوسط بارش سالیانه؛ [height]:ارتفاع؛ [dist]:فاصله از گسل؛ [asp]:جهت شیب؛ [land]:پوشش گیاهی؛ [mr]:زمین شناسی

از سوی دیگر ۴ لایه مربوط به محدودیت در هم ضرب




**نقشه ۱۱. نقشه نهایی استعداد اراضی جهت توسعه شهری و روستایی**

شدند تا لایه محدودیت خروجی تولید شود (نقشه شماره ۱۰). در نهایت از ضرب کردن لایه محدودیت در لایه خروجی مرحله قبل، نقشه نهایی سنجش توان اکولوژیک اراضی برای توسعه شهری و روستایی به دست آمد (نقشه شماره ۱۱).

## ۵. بحث و نتیجه گیری

بررسی نقشه خروجی نهایی نشان می دهد که حدود ۴۶ درصد از مساحت ناحیه، حداقل یکی از ۴ عامل محدودیت تعریف شده را دارا بوده و در نتیجه برای توسعه شهری و روستایی کاملا نامناسب می باشد. این نقاط با امتیاز صفر بر روی نقشه نشان داده شده اند. همچنین ۱۸ درصد از مساحت ناحیه را نقاطی با امتیاز بین صفر تا ۰,۳۳ تشکیل داده اند که تحت عنوان تقریبا نامناسب طبقه بندی می شوند. به همین ترتیب ۲۴ درصد از سطح ناحیه به نقاط با امتیاز ۰,۳۳ تا ۰,۶۶ (طبقه نیمه مناسب) اختصاص یافته و تنها ۱۲ درصد از کل اراضی با امتیازی بیش از ۰,۶۶ برای توسعه شهری و روستایی مناسب تشخیص داده شده اند. محدود بودن اراضی مناسب برای توسعه شهری، ناشی از عوامل محدودیت از قبیل کوهستانی بودن ناحیه و وجود گسلهای زلزله خیزی همچون مشا ـ فشم و گسل شمال‌شرق تهران در این ناحیه می باشد. جالب اینکه هر سه نقطه شهری این ناحیه، یعنی شهرهای تجریش، لواسان و فشم، در محدوده این دو گسل اصلی قرار گرفته اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که استفاده از روشهای فازی در سنجش توان اکولوژیک اراضی، موجب منعطف شدن نتیجه نهایی و انطباق بیشتر آن با ماهیت منعطف جهان واقعی می شود. همچنین استفاده از منطق بولین در اِعمال شاخصهای محدودیت، از انعطاف غیر واقعی و بیش از حد مدل مورد استفاده جلوگیری می کند. به کارگیری روش AHP فازی برای وزن‌دهی به معیارها نیز علاوه بر تعیین اهمیت نسبی هر معیار، عدم قطعیت در عبارتهای کلامی را لحاظ کرده و واریانس وزن معیارها را کاهش می دهد. به طور کلی امروزه پیشرفت صنعت کامپیوتر در حوزه سخت افزار و نرم افزار، استفاده از روشهای پیوسته و فازی را در تحلیل چندمعیاره فضایی میسر ساخته که تا پیش از آن به کلی ناممکن بود. بنا نمودن برنامه‌ریزیها و تحلیلها بر مبنای این روشها موجب افزایش دقت و صحت نتایج تحلیل و تطابق بیشتر آن با واقعیت می شود. همین امر موجب جدی گرفته شدن نتایج طرحهای این چنینی از سوی دستگاههای مجری شده و مانع هدر رفتن بودجه های کلان طرحها می شود. با این اوصاف اکتفا کردن به پیاده سازی روشهای دوران ماقبل کامپیوتر در محیط GIS غیر معقول به نظر می رسد.

## ۶. پیشنهادات

۱- به منظور دستیابی به نتایج علمی‌تر می بایست مشابه طبقه بندیهای مرسوم معیارها برای کاربریهای مختلف، تحقیقات بیشتری در زمینه تعریف تابع مطلوبیت هر معیار برای هر کاربری صورت گیرد.

۲- در موارد لزوم می توان برای تعریف توابع مطلوبیت، از معادلات غیرخطی درجه ۲، درجه۳، نمایی، لگاریتمی و غیره نیز استفاده کرد. البته این کار می بایست با پشتوانه نظری کافی صورت گیرد و از تبدیل شدن فرایند ساخت مدل به نوعی بازی ریاضی اجتناب شود.

۳- برای افزایش دقت مدل می بایست علاوه بر معیارهای استفاده شده در این تحقیق، برخی معیارهای دیگر از قبیل اهمیت زیست محیطی و غیره را نیز لحاظ نمود.

۴- گام بعدی در مسیر افزایش دقت مدلهای فضایی می تواند تعریف تابع مطلوبیت معیارها در ارتباط با یکدیگر باشد. بدین معنا که هر معیار به جای اینکه به طور مستقل طبقه بندی شود، این کار با توجه به مقادیر معیارهای دیگر صورت پذیرد. به عنوان مثال مقدار مطلوبیت جهت شیب را در نقاطی که درصد شیب کمتر از حد معینی است، می توان یک در نظر گرفت ـ که به معنای بی اهمیت بودن معیار جهت شیب در شیبهای ملایم است ـ و تنها در شیبهای تندتر از این حد از تابع مطلوبیت نشان داده شده در این تحقیق استفاده کرد

به هر ترتیب باید این نکته را مدنظر داشت که هر دقت نظر کوچک در فرایند ساخت مدلهای استعداد سنجی اراضی می‌تواند موجب حفظ میراث ملی و حرکت به سمت اهداف توسعه پایدار گردد.

## منابع و ماخذ


۱- آذر، عادل و فرجی، حجت (۱۳۸۱) علم مدیریت فازی، تهران، نشر اجتماع.

۲- آذر، عادل (۱۳۸۹) تصمیم گیری کاربردی رویکرد MADM، چاپ چهارم، تهران، نگاه دانش.

۳- امیری، محمد جواد (۱۳۸۸) مقایسه روش سیستمی ادغام نقشه ها و ترکیب منطق بولین ـ فازی در ارزیابی توان اکولوژیک، مجله علوم محیطی، سال هفتم، شماره دوم، صص ۱۰۹ - ۱۲۴.

۴- توفیق، فیروز (۱۳۸۴) آمایش سرزمین، تجربه جهانی و انطباق آن با وضع ایران، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

۵- جوزی، سید علی (۱۳۸۸) طراحی مدل نوین ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین ایران به منظور استقرار کاربری توسعه شهری و خدماتی (منطقه ۲۲ شهر تهران)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره ۴.

۶- حاذقی، محمد هادی (۱۳۸۸) انتخاب فناوری تجهیزات نظامی با روش AHP فازی و آنالیز توسعه، مدیریت نظامی، شماره ۳۵، صص ۹۴ ـ ۶۳.

۷- حسین زاده دلیر، کریم (۱۳۸۰) برنامه ریزی ناحیه ای، تهران، نشر سمت.

۸- رجایی، عبدالحمید (۱۳۸۷) کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستایی، تهران، نشر سمت.

۹- رضویان، محمد تقی (۱۳۸۱) برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، تهران، انتشارات منشی.

۱۰- رهنمایی، محمد تقی (۱۳۸۳) فرایند برنامه ریزی شهری ایران، تهران، نشر سمت.

۱۱- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰) کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای، نشریه علمی پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۱۰، ص ۲.

۱۲- زیاری، کرامت اله (۱۳۷۸) برنامه ریزی شهرهای جدید، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت).

۱۳- شمسی پور، علی اکبر و شیخی، محمد(۱۳۸۹) پهنه بندی مناطق حساس و آسیب پذیر محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پژوهشهای جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص ۶۸ ـ ۵۳ .

۱۴- شیرانی، حسین (۱۳۸۲) ساماندهی مکان، تهران، نشر دانش آفرین

۱۵- عدل، مهسا (۱۳۸۸) برنامه ریزی محیط زیست در مناطق کوچک شهری ـ روستایی، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره چهار، صص ۱۹۷ -

.۲۱۳
۱۶- فرج زاده، منوچهر (۱۳۸۳) برنامه ریزی کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۷، صص ۹۴ ـ ۸۱ .
۱۷- قرخلو، مهدی (۱۳۸۸) ارزیابی توان اکولوژیک منطقه قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعه شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه ای، سال اول، شماره دوم، صص ۶۸ ـ ۵۱.
۱۸- کاشی‌ساز، مهناز (۱۳۸۹) کاربرد AHP در ارزیابی توان اکولوژیک برای توسعه روستایی ـ شهری، مجله محیط زیست و توسعه، شماره ۱، صص ۵۰ ـ ۴۳.
۱۹- کیانی، صدیقه (۱۳۸۹) ارزیابی توان اکولوژیک محیط برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی با استفاده از GIS، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۷، صص ۴۶ ـ ۳۳.
۲۰- ماکوئی، احمد (۱۳۸۶) تکنیک‌های تصمیم‌گیری، تهران، انتشارات مهروماه‌نو.
۲۱- مالچفسکی، یاچک (۱۳۸۵) سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، ترجمه اکبر پرهیزکار، تهران، نشر سمت.
۲۲- متکان، علی اکبر (۱۳۸۸) تصمیم گیری قطعی و فازی در مکان یابی پارکینگ های طبقاتی، علوم محیطی، سال ششم، شماره سوم، صص ۲۲۲ ـ ۲۰۷.
۲۳- محمودیان، علی اکبر (۱۳۸۸) شهرستان شمیران، تهران، بنیاد دانشنامه نگاری ایران.
۲۴- مخدوم، مجید (۱۳۸۰) شالوده آمایش سرزمین، تهران، دانشگاه تهران.
۲۵- مخدوم، مجید و همکاران (۱۳۸۸) ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی، چاپ چهارم، تهران، دانشگاه تهران.
۲۶- مخدوم، مجید (۱۳۸۸) مدل‌هایی که نباید مدل‌سازی کرد یا مدل‌هایی که همیشه پاسخ منطقی ندارند، علوم محیطی، سال ششم، شماره سوم، ۱۹۲ ـ ۱۸۵.
۲۷- منزوی، مهشید (۱۳۹۰) اصول توسعه و عمران منطقه ای، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی.
۲۸- میرزایی، حمیدرضا (۱۳۹۰) تدوین راهبردهای مجتمع دامداری شیری با استفاده از AHP گروهی ـ فازی، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۵، شماره ۴، صص ۴۴۰ ـ ۴۲۸.
۲۹- میرغفوری، سید حبیب الله (۱۳۸۸) کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی در اولویت بندی عوامل موثر بر انتخاب سهام در بورس اوراق بهادار تهران، مجله توسعه و سرمایه، سال دوم، شماره ۳، صص ۱۳۰ ـ ۱۱۱.
۳۰- میرکتولی، جعفر (۱۳۹۰) ارزیابی توان اکولوژیک کاربری توسعه شهری با مدل تصمیم گیری چند معیاری MCDM و GIS، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۷، صص ۸۸ ـ ۷۵.
۳۱- نری میسا، سارا (۱۳۹۰) ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه سجافی با استفاده از GIS و منطق فازی، پژوهش‌های محیط زیست، سال ۲، شماره ۴، صص ۴۰ ـ ۲۹.
۳۲- نقدی، فریده (۱۳۹۰) ارزیابی توان اکولوژیک اراضی با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال دوم، شماره ۱، صص ۹۱ – ۹۹.
۳۳- نوری، جعفر (۱۳۸۱) ارزیابی توان اکولوژیک منطقه ۲۲ شهرداری تهران به منظور کاربری توسعه شهری، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۱۲.
34- Chang,Y (1996), Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, No. 95, pp. 649–655.
35- Lodwick,W (2008) Fuzzy Surfaces in GIS & Geographical Analysis, Boca Raton, CRC Press.
36- Malczewski, jacek (1999), GIS and MultiCriteria Decision Making.
37- Saaty, Thomas (1980) The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation, the University of California, McGraw-Hill International Book Co.

38- Sharifipour,R (2004) Ecological Capability Evaluation of Rural Development by Means of GIS, Iranian J Env Health Sci Eng, No .2, pp.81-90.
39- Zadeh,L (1965) Fuzzy Sets, Information And Control, No. 8, pp. 338-353.