جغرافیا و توسعه شماره ۳۴ بهار ۱۳۹۳
وصول مقاله : ۱۳۹۰/۷/۴
تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۱۱/۲۹
صفحات : ۳۲-۱۵

کاربرد مدل TOPSIS در فرایند تحلیل توان‌های محیطی برای توسعه‌ی شهری
مطالعه موردی : شهرستان‌های اردبیل، نیر، نمین و سرعین

دکتر فریبا اسفندیاری[1] ، دکتر عطا غفاری‌گیلانده[2]

چکیده

روند رو به رشد شهرنشینی و به تبع آن رشد شتابان فضای کالبدی شهرها، یکی از نمودهای برجسته در زندگی بشر امروزی تلقی می‌شود. بر همین اساس، به‌کارگیری ساز و کارهای کارآمد در کانالیزه کردن توسعه‌ی فیزیکی شهرها در بسترهای مناسب را می‌توان امری اجتناب‌ناپذیر در فرایند برنامه‌ریزی شهری در نظر گرفت. یکی از این ساز و کارها استفاده از تکنیک‌های کارآمد در اولویّت‌بندی تناسب اراضی برای توسعه ساخت و سازهای شهری است. در تحقیق حاضر با انتخاب شهرستان‌های اردبیل، نیا، نمین و سرعین، به عنوان مطالعه‌ی موردی، سعی شده است تلفیقی از قابلیت‌های GIS و مدل TOPSIS، در یک زمینه تجربی از موضوع تحقیق به آزمون گذاشته شده و خروجی‌های حاصله در قالب نقشه کلاس‌بندی شده از تناسب اراضی برای توسعه‌ی شهرها، ارایه گردد. برای انجام این مهم، تشکیل معیارهای ارزیابی، استانداردسازی نقشه‌های معیار به واسطه‌ی درجه عضویت در تابع فازی، تعیین وزن معیارها به روش CRITIC و تهیه‌ی نقشه‌های استاندارد شده وزنی از جمله اقداماتی بودند که در برایند انجام آن‌ها، مقدمات لازم برای استفاده‌ی عملیاتی از مدل TOPSIS در محیط GIS فراهم گردید. بررسی نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داد که پیکسل‌های اولویّت‌دار معرفی شده در خروجی حاصل از مدل، دارای شرایط بهینه از منظر معیارهای تعریف شده هستند. بنابراین این مدل می‌تواند به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)، در فرآیند انتخاب بسترهای مناسب برای توسعه‌ی کالبدی شهر مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: توسعه‌ی شهری، شهرنشینی، تناسب اراضی، تصمیم‌گیری چندمعیاری، مدل TOPSIS ، اردبیل.

۱- دانشیار جغرافیا طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسؤول) Fariba_sfandyary@uma.ac.ir
۲- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی atagafari@gmail.com

مقدمه

امروزه رشد شتابان شهرنشینی و توسعه‌ی فیزیکی شهرها از برجسته‌ترین نمادهای مطرح در تاریخ تحولات زندگی اجتماعات بشری تلقی می‌شود. برآوردها حاکی از آن است که تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰ درصد جمعیّت جهان در شهرها سکونت خواهند داشت. این افزایش جمعیّت و به تبع آن خزش مناطق‌شهری،سبب می‌شود تا بخش‌زیادی از زمین‌های شهری و حواشی شهری دست‌خوش تغییرات کاربری گردد *(عبداللهی و همکاران، ۱۳۸۴: ۲)* .

نگاهی به تحولات جمعیّت شهری ایران نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵، درصد جمعیّت شهری به کل جمعیّت به‌ترتیب ۳۱/۴، ۳۷/۹، ۴۴/۹، ۵۴/۳ و ۶۲ و ۶۸/۴ درصد بوده است که حاکی از روند شتابان‌شهرنشینی در کشور می‌باشد، و به‌گسترش کالبدی شهرها در سطح قابل توجهی دامن زده است. افزایش جمعیّت و تمایل به شهرنشینی موجب رشد سریع مراکز شهری شده است و دارای روندی اجتناب‌ناپذیر و مداوم است. تجربه نشان داده است که گسترش و توسعه کالبدی شهرها با ساخت و سازهای بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در چشم‌انداز فضایی پیرامونی شهرها، به خصوص گسترش شهر در زمین‌های کشاورزی همراه بوده و ضرورت‌های مطرح در حفظ محیط زیست در آن‌ها رعایت نشده است *(رنجبرنائینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱)*. امروزه مناطق طبیعی و روستایی در حاشیه‌ی شهرها به عنوان ماده خام توسعه‌ی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند، جایی که توسعه‌ی نااندیشیده کاربری‌ها باعث تحلیل زمین‌های مرغوب و از بین رفتن اکوسیستم‌های حساس گردیده و محیط طبیعی و مصنوعی را دچار بحران می‌سازد *(پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۲ : ۱۶)*. برای کنترل و هدایت مطلوب توسعه شهری، لازم است به موازات اتخاذ سیاست‌های مناسب برای توسعه‌ی درونی شهر به مشخص کردن سایت‌های مناسب برای توسعه‌ی پیوسته و ناپیوسته شهری اقدام کرد. ملاحظات مذکور از نقش محوری در برنامه‌ریزی توسعه‌ی زمین‌های شهری برخوردار است و می‌تواند در دنبال کردن سیاست‌های زیست‌محیطی هماهنگ با اهداف اجتماعی- اقتصادی، تأثیرگذار باشد.

در نمونه مورد مطالعه (شهرستان‌های اردبیل، سرعین، نیر و نمین) ابعاد توسعه‌ی کالبدی شهر، پیامدهای بارزتری به خود می‌گیرد. در این میان، شهرستان‌اردبیل با دارا بودن جاذبه‌های اجتماعی، اقتصادی، صنعتی و غیره، به عنوان قطب جاذب جمعیّتی‌در منطقه‌مطرح است و تحولات جمعیّتی و متعاقب آن توسعه‌ی کالبدی شهر اردبیل از سال ۱۳۳۵تاکنون مؤید این‌مطلب می‌باشد. به‌واسطه‌ی قرار گرفتن این شهرستان در دشت هموار و حاصلخیز اردبیل، این توسعه عموماً با تخریب اراضی کشاورزی و انضمام روستاهای پیرامون‌شهر همراه بوده است *(غفاری‌گیلانده، ۱۳۸۰: ۱۴)*. در این راستا، لزوم توسعه‌ی برنامه‌ریزی شده و سامانمند شهری، بیش از پیش احساس‌می‌شود تا در نتیجه‌ی آن، جهت‌یابی و مکان‌یابی توسعه‌ی کالبدی‌شهرها (اعم و توسعه‌ی پیوسته‌وناپیوسته‌ی شهری) در بسترهای مناسب با کمترین تبعات زیست‌محیطی‌و کمترین‌خسارت به‌اراضی‌کشاورزی پیرامونی همراه شود. توجه به این ضرورت‌ها می‌تواند با اهداف‌بلندمدت توسعه‌استان *(مهندسین مشاور طرح و کاوش، ۱۳۸۹: ۱۵-۱۴)*. در مقوله‌ی حفظ و احیای اراضی کشاورزی، جنگلی و مرتعی و تضمین بهره‌برداری درازمدت از آن‌ها (با رعایت موازین زیست‌محیطی و توسعه‌ی پایدار)، همسو باشد. با توجه به آنکه تعیین تناسب اراضی برای توسعه‌ی شهرها، مستلزم در نظر گرفته شدن

معیارهای متعدد است بر همین اساس، استفاده تلفیقی از قابلیت‌های GIS و فنون تحلیل تصمیم چندمعیاری (MCDM) به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) می‌تواند در انتخاب و اولویّت‌بندی نقاط مناسب برای توسعه‌ی شهری، امری اجتناب‌ناپذیر تلقی شود. در همین راستا، تحقیق حاضر نیز که به کار برد عملی مدل TOPSIS به عنوان یکی از برجسته‌ترین فنون تحلیل چند معیاری، اختصاص دارد در راستای پاسخ به سؤال زیر جهت‌گیری شده است:

چگونه می‌توان با استفاده از مدل TOPSIS، میزان تناسب زمین برای توسعه‌ی شهری (اعم از توسعه‌ی پیوسته و ناپیوسته) در شهرستان‌های اردبیل، نیر، نمین و سرعین را تعیین کرده و در یک قالب مناسب برای انتخاب در روند توسعه‌ی پیوسته و ناپیوسته شهری پیشنهاد داد؟

پیشینه تحقیق

بحث پیرامون الگوها و روش‌های مطرح در فرایند هدایت سامانمند توسعه‌ی کالبدی شهر، سرمنشأ تحقیقات و پژوهش‌های عدیده‌ای محسوب می‌شود. از جمله این تحقیقات می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد : بابائی‌اقدم (۱۳۸۶)، به مدل‌سازی الگوی آتی کاربری اراضی شهر تبریز در ۲ سناریوی تغییرات آهسته و سریع در افق ۱۴۰۰ پرداخته است. غفاری گیلانده (۱۳۸۰) در کار پژوهشی خود سعی کرده است که با استفاده از تحلیل چند معیاری، به طرح الگوی مناسب توسعه‌ی کالبدی شهر که منطبق با مقتضیات مدل توسعه‌ی پایدار زمین است بپردازد. بدر (۱۳۷۹)، در تحقیق خود برای تعیین محدوده‌ی مناسب گسترش فیزیکی شهر رضی در استان‌اردبیل،از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان پایگاه داده‌ها و از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست استفاده کرده و ضمن انجام تحلیل‌چندمعیاری، محدوده‌های مناسب برای توسعه‌ی آتی کالبدی را نشان داده است. مالچفسکی (۱۹۹۸) در اثر خود در خصوص سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند جغرافیایی، مجموعه‌ای از فنون تصمیم چندمعیاری را با ارایه‌ی مثال‌های کاربردی معرفی کرده است که می‌تواند راهنمای محققان باشد. علیزاده (۱۳۸۸) با انتخاب پارس‌آباد به عنوان مطالعه موردی، تغییرات کاربری اراضی در این شهر را که در حد فاصل سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵، تحت تأثیر مهاجرت حادث شده است مورد مطالعه قرار داده و به تناسب، پیشنهاداتی را در رابطه با ضرورت حفظ اراضی با ارزش کشاورزی در فرایند توسعه‌ی شهری و توجه به توسعه‌ی درونی شهر، ارائه داده است. ابراهیم‌زاده و رفیعی (۱۳۸۸) با استفاده از ۱۰ شاخص، کاربرد عملی فنون تحلیل فضایی مطرح در محیط GIS را در مکانیابی بهینه جهت گسترش شهر مرودشت، تجربه کردند. عدیلی و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی تناسب کاربری زمین شهری (تصمیم‌سازی مکانی- گروهی بر مبنای GIS) در اصفهان پرداختند. نتایج این پژوهش حاوی طراحی یک مدل ارزیابی تناسب کاربری زمین بود. قرخلو و زنگنه‌شهرکی (۱۳۸۸)، در تحقیق خود، مجموعه ای از الگوهای کمّی را در شناخت الگوی رشد کالبدی- فضایی شهر تهران مورد استفاده قرار دادند، این الگوها در قالب روش‌های چهارگانه درجه تجمع، درجه توزیع متعادل، تراکم و اندازه متروپل، طبقه‌بندی و مورد استفاده قرار گرفته و نتایج به دست آمده در تشریح واقعیت‌های توسعه‌ی کالبدی- فضایی شهر تهران، به کار گرفته شده است.

هارولد و کلارک[1] (۲۰۰۵)، نقش معیارهای فضایی در تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی تغییرات کاریری اراضی شهری " سانتا باربارا " در کالیفرنیا را مورد بررسی قرار داده‌اند.

1-Herold & Clarke

وایت و همکاران[1] (۲۰۱۰) با انتخاب شهرهای دوبلین، میلان، بیلبائو و وین به عنوان نمونه به ایجاد یک شبیه‌ساز کاربری اراضی شهری برای شهرهای اروپایی پرداخته و مدل مناسب با این روند را در یک زمینه‌ی تجربی به آزمون گذاشتند. لئو و همکاران[2] (۲۰۰۹) با انتخاب نانجیینگ به‌عنوان مطالعه‌ی موردی به مدل‌سازی تغییرات فضایی الگوهای رشد شهری در چین پرداختند. در این تحقیق برای مدل‌سازی احتمال گسترش اراضی شهری که در ارتباط با مجموعه‌ای از متغیّرهای فضایی، می‌تواند شکل پذیرد به صورت توأم از رگرسیون‌های لجستیک محلی و جهانی استفاده به عمل آمده است. در این تحقیق اهمیت محوری بررسی سیاست‌ها و خط‌مشی‌ها و نیز اهتمام به بررسی‌های میدانی در تفسیر نتایج حاصل از مدل‌سازی مبتنی بر روش‌های آماری و GIS، مورد تأکید قرار گرفته شده است. هان و همکاران[3] (۲۰۰۹) در کار پژوهشی خود، کاربرد مدل پویایی یکپارچه سیستمی و سلول‌های آتوماتا را در ارزیابی رشد شهری در شانگهای، مورد آزمون قرار دادند. در این‌آزمون کارایی مدل مذکور، در رهگیری و پیش‌بینی رشد شهری به اثبات رسیده و به تشریح سناریوی توسعه‌ی کالبدی در ابعاد و جهات مشخص، پرداخته شده است. چنگ و ماسر[4] (۲۰۰۳)، ضمن استفاده از تحلیل اکتشافی داده‌ها و رگرسیون لجستیک فضایی، به بررسی و مدل‌سازی عامل‌های تعیین‌کننده در رشد شهری ووهان، در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۳، پرداختند. این تحقیق ضمن اذعان به نقش تعیین‌کننده زیرساختار شبکه ارتباطی و نواحی توسعه‌یافته در رشدشهر، گویای زیر سؤال رفتن نقش طرح جامع در یک دوره‌ی خاص است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

شهرستان‌های مورد مطالعه در مرکز استان اردبیل و بین مدارات ' ۴۷ °۳۷ تا ' ۳۹ °۳۸ عرض شمالی و نصف‌النهارات '۴۸ °۴۷ تا ' ۴۲ °۴۸ طول شرقی از نصف‌النهار مبداء گرینویچ واقع شده‌اند. در این محدوده شهرستان‌های اردبیل و سرعین با ۲۴۹۸۱۷ هکتار، شهرستان نمین با ۱۰۳۶۵۸ هکتار و نیر با ۱۲۱۴۲۸ قرار دارند که مطابق با آمار سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵، به ترتیب ۵۴۸۸۳۲ نفر (با ۷۷/۵ درصد جمعیّت شهری)، ۵۹۶۴۰ نفر (با ۳۶/۶ درصد جمعیّت شهری) و ۲۴۲۸۸نفر (با ۲۶ درصد جمعیّت شهرنشین) از جمعیّت استان را در خود جای داده‌اند *(سالنامه آماری استان اردبیل، ۱۳۸۸: ۵۹ و ۱۰۳)*. این آمارها، نشان از درصد قابل توجه جمعیّت شهرنشین در محدوده‌ی مورد مطالعه به‌خصوص در شهرستان اردبیل دارد و لزوم هدایت استقرار بافت‌های کالبدی پذیرای جمعیّت شهرنشین در بسترهای مناسب به لحاظ توان محیطی را که باید در قالب فرم‌های منظم توسعه‌ی شهری عینیت پیدا کند، بیش‌از پیش ضروری می‌سازد.

تهیه‌ی نقشه‌های معیار

در تحقیق حاضر، انتخاب محدوده‌های حایز توان محیطی بالا برای توسعه‌ی‌کالبدی شهر، بر پایه ۹ معیار صورت گرفته و به تناسب آن به ایجاد ماتریس ارزیابی اقدام شده است. با توجه به این ماتریس، صورت وضعیت هر یک از پیکسل‌ها (سلول‌های تشکیل‌دهنده نقشه رستری از محدوده‌ی مورد مطالعه) به ازای هر یک از معیارها، ثبت می‌شود (جدول ۱).

1-White et al
2-Luo et al
3-Han et al
4-Cheng & Masser

جدول ۲ : ماتریس معیارهای مورد استفاده در تحلیل تناسب اراضی برای توسعه‌ی شهری

معیار / پیکسل	شیب	فاصله از خطوط گسل	وضعیت سازندهای زمین‌شناختی	عمق آب زیرزمینی	نوع خاک	فاصله از کانون‌های مستعد زمین‌لغزش	فاصله از کانون‌های شهری	فاصله از راههای ارتباطی	وضعیت ارتفاعی
پیکسل ۱	X11	X12	X13	...	...	...	...	...	X1m
پیکسل ۲	X21	X22	X23	...	...	...	...	...	X2m
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
پیکسل m	Xm1	Xm2	Xm3	...	...	...	...	...	xmm

مأخذ : جمع‌بندی از مطالعات و بررسی‌های نگارندگان ، ۱۳۹۰

ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های‌معیار

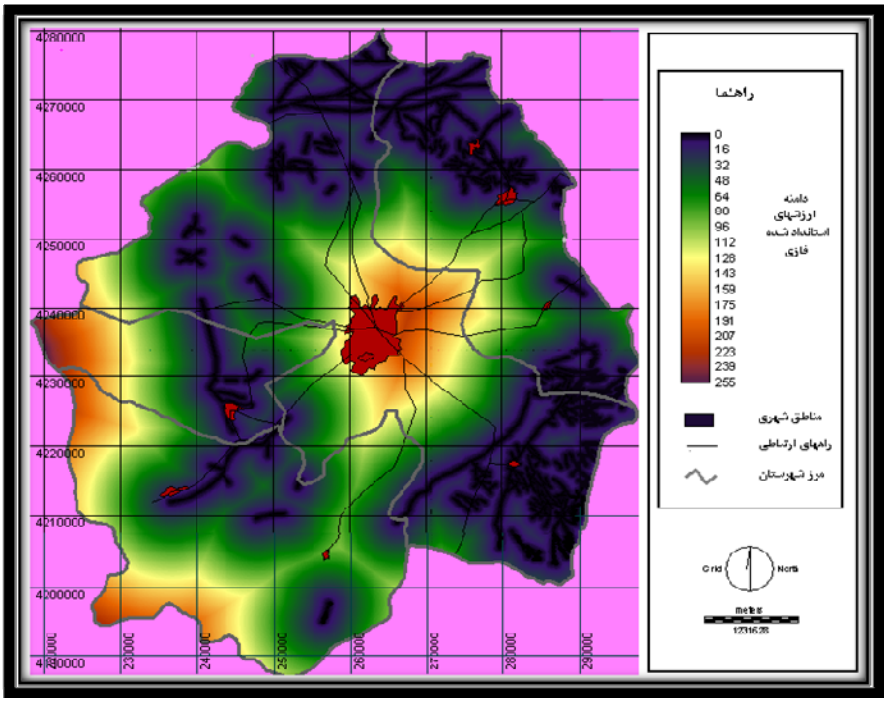
ارزش‌گذاری به معنای آن است که به مقادیر اندازه‌گیری شده از معیارها برحسب میزان مطلوبیت، ارزشی تعلق گیرد. استاندارد نمودن داده‌ها نیز به‌معنی همسان کردن دامنه‌ی تغییرات داده‌ها در دامنه‌هایی همچون ۰ تا ۱ و ۰ تا ۲۵۵ می‌باشد. زیرا معیارهای مورد استفاده در فرایند ارزیابی ممکن است در واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی مورد سنجش قرار گیرند (مانند درصد در اندازه‌گیری شیب و متر در اندازه‌گیری فاصله از گسل) در نتیجه نمی‌توان عملیات‌های ریاضی در فرایند همپوشی را بر روی آن‌ها به انجام رسانید. در مقاله‌ی حاضر، فرایند ارزش‌گذاری و استانداردسازی به صورت توأم و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه‌ی فازی در نظر گرفته شده است. ارزش عضویت یا درجه تعلق در یک مجموعه‌ی فازی را می‌توان با شماره‌ای که دامنه‌ی آن بین مقادیری چون ۰ تا ۱ و ۰ تا ۲۵۵ قرار دارد، تعیین کرد. در دامنه بین ۰ و ۱، اگر $\mu_{A(x)=1}$ باشد در آن صورت عنصر x به صورت کامل به دامنه A تعلق دارد. به همین ترتیب اگر $\mu_{A(x)=0}$ باشد در آن صورت عنصر x مشخصاً به دامنه A تعلق ندارد. درجه بالای ارزش عضویت یک عنصر به معنای نسبت بالای تعلق آن به مجموعه می‌باشد *(مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۶۴)*. در تحقیق حاضر با استفاده از امکاناتی‌که در تابع FUZZY از نرم‌افزار IDRISI Kilimanjaro وجود دارد برای استانداردسازی نقشه‌هایی که به‌صورت نقشه‌های معیار تهیه شده‌اند به تناسب، از توابع عضویت Sigmoidal و liniear استفاده شده و قالب‌هایی چون عضویت افزایشی به‌صورت یکنواخت،کاهشی به‌صورت یکنواخت و سایمتریک مورد نظر بوده است. در رابطه با هر معیار، دامنه‌ای از مقادیر در نظر گرفته شده است که اگر مقادیر اندازه‌گیری شده از معیار در پیکسل‌ها بیشتر یا کمتر از مقادیر تعیین شده در دامنه تعیین شده باشد به منزله درجه عضویت صفر در دامنه تعیین شده، تلقی گردیده و در نتیجه میزان مطلوبیت برابر با صفر می‌شود. از سوی دیگر اگر مقادیر اندازه‌گیری شده از معیار در پیکسل‌ها با درجه کامل عضویت در دامنه تعیین شده منطبق باشد به معنای مطلوبیت حداکثر در آن معیار است. سایر سطوح مطلوبیت نیز در حد فاصل درجه عضویت صفر و درجه عضویت حداکثر قرار دارد. تغییرات درجه عضویت می‌تواند در دامنه $(0\leq\mu_D(x)\leq1)$ و دامنه $(0\leq\mu_D(x)\leq255)$ نشان داده شود که در ادامه سه نمونه از این نقشه‌ها آورده می‌شود (شکل‌های ۱ الی ۳). در این قسمت باید خاطر نشان کرد مبنای ارزش‌گذاری و به تبع آن استانداردسازی نقشه‌های معیار، بر پایه روند تغییر

مطلوبیتی قرار دارد که به ازای روند تغییرات مقادیر نقشه‌ی معیار می‌تواند حاصل شود. بر همین اساس با مراجعه به ادبیات تحقیق و پژوهش در عرصه‌ی توسعه کالبدی- فضایی شهر و کسب نظرات کارشناسانه، به شناسایی و جمع‌بندی روند تغییر مطلوبیت در ارتباط با روند تغییرات معیارهای مورد استفاده در این تحقیق، اقدام شد. فهرست نقشه‌های معیار مورد استفاده در این مقاله و ساز و کار استفاده شده در ارزش‌گذاری و استانداردسازی مقادیر ثبت شده در نقشه‌های معیار عبارتند از :

نقشه‌ی معیار شیب: از نظر مسایل ژئوتکنیکی، شیب اراضی عامل مهم و مؤثری در پایداری استاتیکی و دینامیکی زمین است و زمین‌های پرشیب تحت تأثیر آب و بارندگی و لرزش‌های ناشی از زمین‌لرزه در معرض لغزش قرار دارند و مناسب برای احداث شهر و مکان‌یابی شهری نمی‌باشند*(گروه مهندسین مشاور همکار توسعه بوم‌سازگان پایدار، ۱۳۸۶: ۲۰)* شیب‌های بالای ۹ درصد تناسب لازم را برای توسعه‌ی شهری، روستایی و صنعتی ندارند *(مخدوم، ۱۳۸۹: ۲۰۲)*. ضمن آنکه در شیب‌های بسیار پایین نیز مشکل دفع فاضلاب‌ها می‌تواند وجود داشته باشد. در تحقیق حاضر، نقشه‌ی شیب از روی نقشه DEM منطقه که از روی لایه رقومی شده از نقشه توپوگرافی ۵۰۰۰۰ :۱، تهیه شد بود استخراج گردیده و مطابق با مندرجات جدول ۲ ارزش‌گذاری و استانداردسازی شد.

نقشه‌ی معیار مربوط به سازندهای زمین‌شناسی: در گسترش ساخت و سازهای شهری لازم است، مقاومت سنگ بستر و جنس زمین‌منطقه، مورد مطالعه‌ی دقیق قرار گرفته و به منظور کاهش خسارات ناشی از زلزله و زمین‌لغزش، از احداث این‌گونه ساخت و سازها بر روی سازندهای سست و پر از درز و شکاف قرار جلوگیری به عمل آورد *(معماریان، ۱۳۷۷: ۹۲)*. از سوی دیگر علاوه بر بحث مقاومت سنگ بستر، خصوصیاتی چون انحلال‌پذیری و میزان استعداد به لغزش را نیز بایستی در نظر گرفت. به عنوان مثال سنگ آهک، در عین مقاوم بودن، قدرت انحلال‌پذیری بالایی دارد و با جذب آب می‌تواند متورم بشود. این خصوصیات باعث می‌شود که در خارج از مناطق خشک، از تناسب آن برای ساخت ساز به‌مقدار زیادی کاسته شود. در تحقیق حاضر نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه از روی نقشه‌های پایه‌ی زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ :۱ سازمان زمین‌شناسی کشور، رقومی شده و در ادامه با مشورت تعدادی از اساتید و صاحب‌نظران دانشگاهی متخصص در زمینه‌ی ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی، اولویّت یا تناسب این سازندها در رابطه با ساخت و سازهای شهری در ۵ رتبه طبقه‌بندی گردید که از طیف‌نامناسب تا مناسب را شامل می‌شود که رتبه‌های تعیین شده در پایگاه داده‌های توصیفی مربوط به نقشه در محیط GIS، در قالب یک فیلد جدید وارد شد و مطابق با مندرجات جدول شماره‌ی ۲، استانداردسازی شدند.

*نقشه‌ی معیار فاصله ازخطوط گسل:*بسترهای اختصاص یافته به ساخت‌وسازهای شهری، را باید درمحدوده‌هایی انتخاب کرد که در آن‌ها حریم خطوط گسل رعایت شده و از پایداری لازم به منظور کاهش خطرات ناشی از زمین‌لرزه احتمالی، برخوردار باشند. در این راستا بر اساس توصیه‌های سازمان زمین‌شناسی، حداقل حریم برای گسل ۱۰۰۰-۳۰۰ متر از طرفین تعیین شده است. در مجموع می‌توان گفت که به موازات فاصله گرفتن از خطوط گسل، شاهد افزایش سطح مطلوبیت در رابطه با موضوع مکان‌یابی هستیم. در تحقیق حاضر با اعمال‌تابع Distance درمحیط IDRISI Kilimanjaro بر روی نقشه‌ی پراکندگی گسل‌ها در سطح منطقه *(مستخرج از نقشه ۱۰۰۰۰۰: ۱ زمین‌شناسی کشور)* نقشه‌های فاصله از گسل ایجاد شدند.در ادامه برمبنای ارزش‌های عنوان شده در جدول ۲، نقشه‌های فازی استاندارد و ارزش‌گذاری شده فاصله از گسل در رابطه با مکان‌یابی بستر مناسب برای ساخت و سازهای شهری به دست آمد.

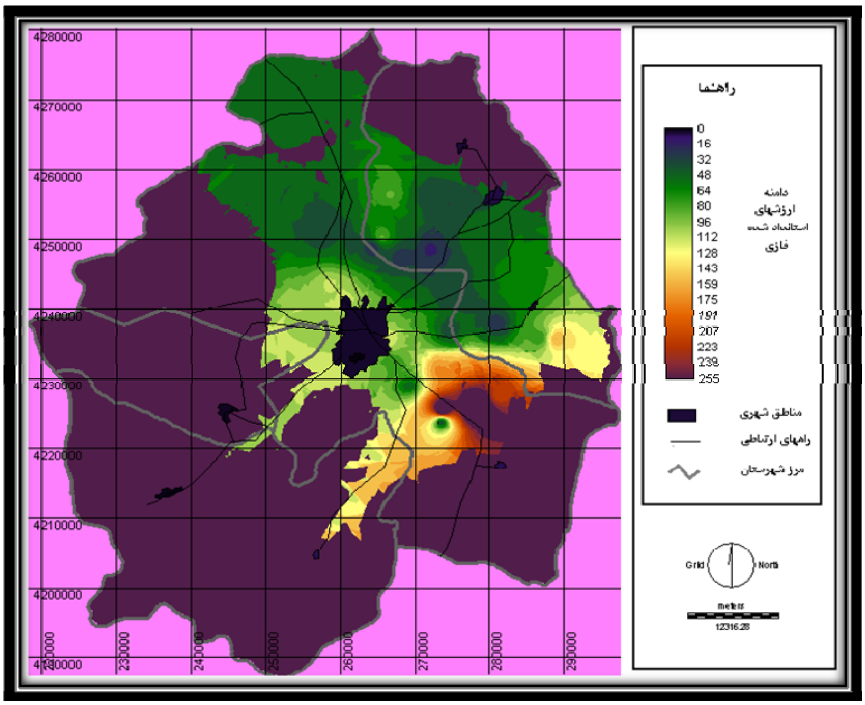


شکل ۱: نقشه ارزش‌های استاندارد شده فازی فاصله از خطوط گسل

مأخذ: بررسی‌ها و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۰

فاصله از کانون‌های مستعد زمین‌لغزش: ساخت‌وسازها در دامنه‌های دارای پتانسیل زمین‌لغزش و اراضی پایین دستی این دامنه‌ها نیز ممکن است ضرایب متفاوتی از خطر و آسیب‌پذیری را به همراه داشته باشند. وسعت محدوده‌ای که در اراضی پایین‌دستی دامنه‌های مستعد زمین‌لغزش، در معرض خطر قرار می‌گیرد، می‌تواند با توجه به فاکتورهایی چون شیب دامنه، جنس مواد رسوبی بر روی دامنه، جنس سازند زیرین قشر بیرونی و شدت و تداوم بارش، تعیین شود. این امر خود کار پیچیده‌ای است و بررسی‌ها و آزمایش‌های میدانی ویژه‌ای را در رابطه با تک تک پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش می‌طلبد. در تحقیق حاضر برای تهیه‌ی نقشه‌های ارزش‌گذاری شده فاصله از نقاط دارای زمین‌لغزش، ابتدا نقشه‌ی پراکندگی‌نقاط دارای پتاسیل زمین‌لغزش از پایگاه داده‌های علوم‌زمین اخذ شده و به فرمت نقشه نقطه‌ای رقومی شده از پراکندگی زمین‌لغزش‌ها تبدیل شد. در ادامه با افزودن این نقشه بر روی نقشه TIN از منطقه، دامنه‌هایی که منطبق با نقاط دارای زمین‌لغزش می‌شدند مشخص شده و با تهیه‌ی نقشه‌ی پلیگونی از این دامنه‌ها و اراضی واقع در پای دامنه، نقشه‌ی اولیه از محدوده‌های خطر به لحاظ زمین‌لغزش استخراج گردید. در ادامه با توجه به اینکه زمین‌لغزش می‌تواند به عدم تعادل در سازندهای محدوده نیز منجر شود، بر همین اساس و در راستای تأمین ضریب اطمینان بیشتر، یک بافر یک کیلومتری به محدوده‌ی تعیین شده اضافه و محدوده‌ی جدید به دست آمده به عنوان قید محدودیت در رابطه با مکان‌یابی بسترهای مورد اختصاص به ساخت‌وسازهای شهری در نظر گرفته می‌شود بعد از در نظر گرفتن بافر تعیین شده، گذر از تبعات منفی احتمالی نزدیکی به پدیده‌های فوق‌الذکر و رسیدن به مطلوبیت کامل در رعایت فاصله، مطابق با جدول ۲، به صورت تدریجی حاصل می‌شود.

نقشه‌ی عمق آب‌های زیرزمین: در مکان‌یابی بسترهای مناسب برای اختصاص به ساخت و سازهای شهری، بالا بودن عمق آب زیرزمینی یک مانع به حساب می‌آید *(شیعه، ۱۳۸۷: ۲۴۱)*. بالا بودن آب‌های زیرزمینی می‌تواند در دفع فاضلاب‌ها و استحکام بنا، تبعات نامناسبی داشته باشد. در تحقیق حاضر، اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی از سازمان آب منطقه‌ای استان اردبیل کسب شده و در تهیه‌ی نقشه‌ی آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۲ : نقشه ارزش‌های استاندارد شده فازی موقعیت نسبت به سطح آب‌های زیرزمینی

مأخذ : بررسی‌ها و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۰

نقشه‌ی ارتفاع منطقه: استفاده از عامل ارتفاع بدان خاطر است که به موازات بالارفتن ارتفاع از دامنه‌های مشرف به دشت اردبیل از مطلوبیت زمین برای ساخت و سازهای‌شهری کاسته‌می‌شود. با وجود این، دشت‌های سیلابی واقع در اراضی پست نیز می‌تواند به عنوان عامل محدودکننده عمل کند که اثر محدودکنندگی این دشت‌ها در زیرمجموعه وضعیت خاک‌های منطقه مدنظر قرار گرفته است.

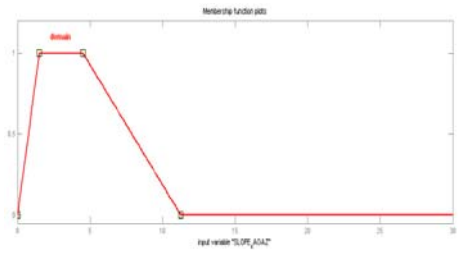
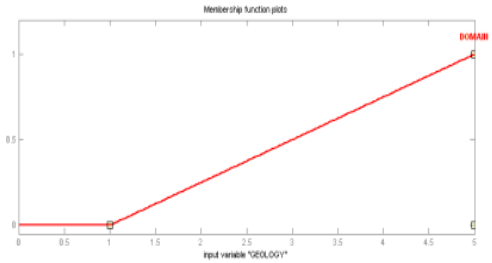
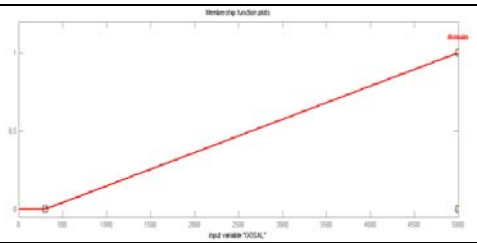
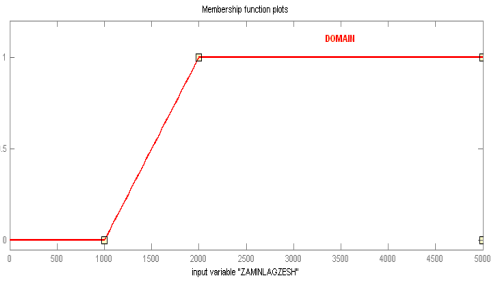
نقشه‌ی خاک‌های منطقه: نقشه‌ی خاک‌های منطقه که توسط مؤسسه‌ی مطالعات آب و خاک در ۱۹ کلاس تهیه شده است از بُعد قابلیت در رابطه با فعالیت‌های کشاورزی طبقه‌بندی شده و زمین‌های دارای قابلیت بالا برای فعالیت‌های کشاورزی با ارزش‌گذاری معکوس در رابطه با توسعه‌ی شهری، مارک‌دار شدند.

نقشه‌های فاصله از کاوهای شهری و خطوط ارتباطی: بافت منسجم و نزدیک به شهر حداقل توسعه ناموزون را با فاصله گرفتن از مرکز شهر به وجود می‌آورد. با فاصله گرفتن از مرکز شهر هزینه‌های خدمات‌رسانی و حمل و نقل افزایش می‌یابد و از ارزش زمین‌ها برای توسعه‌ی شهر کاسته می‌شود.

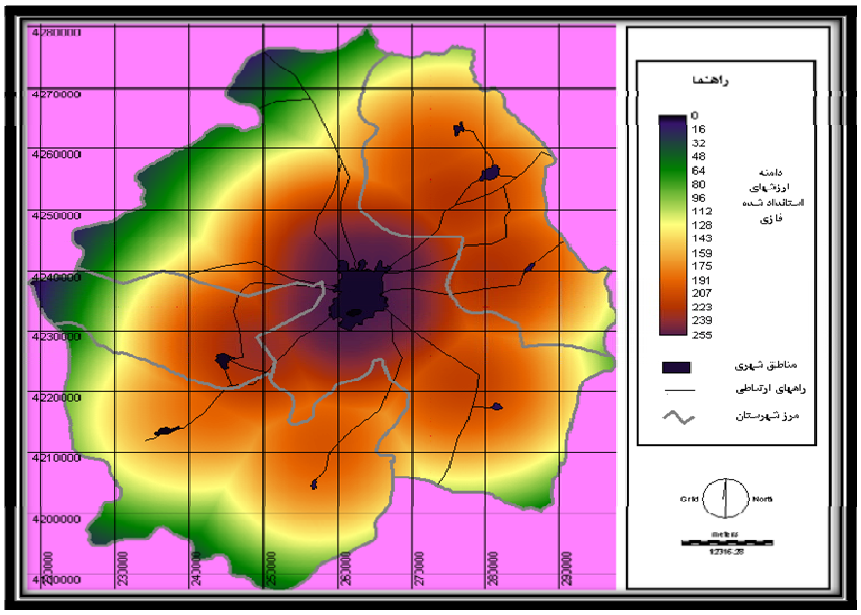
بنابراین در اولویّت اول، توسعه در اراضی متصل به شهر مورد توجه قرار می‌گیرد. از سوی دیگر با توجه به اهمیت شبکه ارتباطی در تأمین موقعیت مناسب دسترسی، نزدیکی به راه‌های ارتباطی نیز حامل ارزش بیشتر در رابطه با ساخت و سازهای شهری محسوب‌می‌شود *(غفاری‌گیلانده، ۱۳۸۰: ۶۶)*. در تحقیق حاضر برای محاسبه‌ی ارزش فاصله از راه‌های ارتباطی در مکان‌یابی بسترهای مناسب برای توسعه‌ی شهر، ابتدا تصویر ارزش فاصله از راه‌های اصلی، به دست آمده، سپس ارزش‌های به دست آمده با استفاده از کشش ساده خطی و در یک فرایند ارزش‌گذاری معکوس در سطوح ارزشی ۲۵۵-۰ قرار گرفتند. سپس به منظور محاسبه‌ی ارزش‌های فاصله از راه‌های فرعی و نیز محاسبه‌ی ارزش مضاعف فاصله از راه‌های اصلی، نسبت به راه‌های فرعی، به تهیه‌ی نقشه‌ی ارزش فاصله از راه‌های ارتباطی اعم از اصلی و فرعی در یک تصویر جداگانه اقدام شده و در یک فرایند ارزش‌گذاری معکوس در سطوح ارزشی در حد فاصل ۲۵۵-۰ قرار گرفتند. در مرحله‌ی بعد با جمع نقشه ارزش فاصله از شبکه راه‌های اصلی با نقشه ارزش فاصله از شبکه راه‌های اصلی و فرعی، نقشه جدیدی حاصل شد که با استانداردسازی آن در حد فاصل ۲۵۵-۰، نقشه‌ی استاندارد شده و ارزش-گذاری شده فاصله از راهها برای استفاده در فرایند مکان‌یابی به‌دست آمد. این روند برای محاسبه‌ی ارزش مضاعف نزدیکی به شهر اردبیل در مقایسه با ارزش نزدیکی به شهرهای دیگر محدوده‌ی مورد مطالعه نیز به کار گرفته شده است.

روش وزن‌دهی نقشه‌های معیار: بررسی روابط بین انواع عوامل و ویژگی‌های اکولوژیکی سرزمین نشان می‌دهد که غالب عوامل مؤثر در تعیین تناسب اراضی از اهمیت یکسانی برخوردار نمی‌باشند. لذا برای ارزیابی دقیق‌تر، لازم است تا اهمیت نسبی هر کدام از عوامل مشخص گردیده و بر اساس آن ضرایب ویژه‌ای به عنوان وزن در تجزیه و تحلیل اطلاعات اعمال شود.

جدول ۲ : نمونه‌هایی از استانداردسازی و ارزش‌گذاری فازی دامنه‌ی تغییرات مقادیر متعلق به معیارها

نام معیار	نمایش درجه عضویت در تابع فازی $(0 \leq \mu_D(x) \leq 1)$	توضیحات
شیب		**ارزش‌دهی رتبه‌ای:** روند افزایشی از سطوح بدون شیب تا شیب ۲ درصد، مقطع دارای شیب‌های۲ تا ۶ درصد با مطلوبیت بالا به واسطه قرارگیری در مقطع دارای درجه عضویت ۱، روند کاهشی در حد فاصل شیب‌های ۳ الی ۱۵ درصد، نبود مطلوبیت در فواصل دیگر بر پایه درجه عضویت صفر در عدد فازی.
سازندهای زمین شناسی		**ارزش‌دهی طبقه‌ای :** نبود مطلوبیت در سازندهای واقع در طبقه یک (مانند پهنه‌های شناسنامه‌دار با مارن و دامنه‌های آبرفتی جوان) با درجه عضویت صفر در عدد فازی؛ شروع روند افزایشی از سازندهای قرار گرفته در طبقه ۲ (مانند سازندهای شناسنامه دار با شیل و اهک) تا طبقه ۵ (مانند سازندهای شناسنامه دار با کنگلومرا و گابرو) ، درجه عضویت برابر با ۱ در مقطع طبقه ۵ .
فاصله از خطوط گسل		**ارزش‌دهی فاصله‌ای:** از ۳۰۰ متر به بعد افزایشی و نبود مطلوبیت در فاصله کمتر از ۳۰۰ متر بر پایه درجه عضویت صفر در عدد فازی
فاصله از پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش		**ارزش‌دهی فاصله‌ای:** روند افزایشی از فاصله ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متری نسبت به پلیگون‌های ترسیم شده در پیرامون دامنه‌های مستعد زمین‌لغزش و اراضی واقع در پای دامنه؛ فاصله‌های فراتر از ۳۰۰۰ متر با مطلوبیت استقرار در درجه عضویت ۱ به لحاظ مراعات فاصله از نقاط دارای استعداد زمین‌لغزش؛ نبود مطلوبیت اراضی داخل بافر به لحاظ درجه عضویت صفر در عدد فازی.

مأخذ : جمع‌بندی از مطالعات و بررسی‌های نگارندگان، ۱۳۹۰



شکل ۳ : نقشه ارزش‌های استاندارد شده فازی موقعیت نسبت به مراکز شهری

مأخذ : بررسی‌ها و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۰

تاکنون روش‌های متعددی در تعیین وزن استفاده شده است که روش‌های مقایسه زوجی[1] و CRITIC[2] از جمله آن‌ها می‌باشند. روش CRITIC با پیش-فرض‌هایی که در ذیل آن وجود دارد در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفته شده است.در این روش داده‌ها بر اساس میزان تداخل و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند *(جهانی، ۱۳۷۶: ۷۱)*. با تأمل در کاربرد و فلسفه‌ی به‌کارگیری این روش می‌توان گفت که مفروضات ذیل در تعیین وزن هر معیار، دخیل هستند:

اگر پهنه‌های مختلف در یک محدوده‌ی جغرافیایی به لحاظ یک معیار وضعیت مشابهی داشته باشند، آن معیار عاملی تعیین‌کننده در کلاس‌بندی و اولویّت‌بندی پهنه‌ها، تلقی نمی‌شود این وضعیت می‌تواند به پایین آمدن وزن آن معیار کمک کند حتی اگر معیار مورد نظر، فی‌نفسه از اهمیت زیادی برخوردار باشد. به عنوان مثال اگر همه پهنه‌های واقع در یک محدوده‌ی جغرافیایی از شرایط همواری برخوردار باشند، معیار شیب نمی‌تواند به عنوان عامل تمییزکننده در اولویّت‌بندی گزینه‌ها مطرح باشد و در نتیجه وزن اختصاص یافته به شیب تنزل می‌یابد. بنابراین میزان انحراف معیار در رابطه با هر یک از عامل‌های مورد استفاده می‌تواند نشان از میزان همگنی یا ناهمگنی داشته باشد. در این راستا انحراف معیار پایین‌تر می‌تواند در تنزل وزن، تأثیرگذار باشد.

هر چقدر همبستگی مثبت معیارها با هم بیشتر باشد به همان نسبت در نظر گرفتن تغییرات یک معیار به عنوان معرف بر تغییرات معیار دیگر، توجیه‌پذیر می‌شود. به عنوان مثال اگر دو معیار افزایش درآمد و افزایش رفاه را داشته باشیم و این دو معیار همبستگی بالایی را به نمایش بگذارند در چنین حالتی افزایش درآمد، معرف افزایش رفاه نیز می‌تواند تلقی شود. در چنین شرایطی ممکن است وزن معیار افزایش رفاه تا نزدیکی صفر نیز تنزل پیدا کند.

1-Pair – Wise Comparison
2-Criteria Importance Through Intercriteria Correlation

اگر عاملی یا معیاری از یک طرف انحراف معیار بیشتری داشته باشد و از طرف دیگر همان‌گونه‌که در ادامه تشریح خواهد شد سرجمع تضاد آن با معیارهای دیگر بیشتر باشد دایره‌ی میزان اطلاعات که در ذیل آن معیار نهفته شده است گسترده‌تر و متنوع‌تر است و به پشتوانه‌ی دایره بازتر و متنوع‌تر از میزان اطلاعات، می‌تواند نقشی تعیین‌کننده‌تر در تمایز گزینه‌های مکانی به لحاظ سطح اولویّت داشته باشد.

در این روش پس از محاسبه انحراف معیار عوامل و معیارهای مورد بررسی، ماتریس متقارنی به ابعاد m×m ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل شده می‌باشد. با تعیین پارامترهای فوق، تضاد موجود بین معیار j با معیارهای دیگر از روی رابطه‌ای که در ادامه می‌آید محاسبه می‌شود :

$$Cjk = \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk)$$

که در آن Cjk معرف مجموع تضاد معیار j با معیارهای k است که از k=1 شروع شده و تا k=m ادامه دارد و rjk، همبستگی بین دو معیار k وj را نشان می‌دهد. به طوری که قبلاً عنوان شد، در مسائل چند معیاره، اطلاعات در ارتباط با میزان تداخل و تضاد بیان می‌شود. بنابراین، میزان اطلاعات عامل j را با استفاده از رابطه زیر می‌توان محاسبه *(جهانی، ۱۳۷۶)*.

$$Cj = \delta j \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk)$$

که در آن Cj، معرف میزان اطلاعات معیار j و δ انحراف معیار در مقادیر مربوط به عامل یا معیار j را نشان‌می‌دهد. با توجه به‌روابط فوق، معیارهایی که دارای Cj بیشتری باشند وزن زیادی به‌خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عاملی مانند j از رابطه زیر تعیین می‌گردد.

$$Wj = \frac{cj}{\sum_{k=1}^{m} ck}$$

که در آن Wj معرف وزن معیار j، و C_k معرف میزان اطلاعات مجموع معیارهای k است که از k=1 شروع شده و تا k=m ادامه دارد (جدول ۳).

جدول ۳ : مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارها

معیار	مجموع تضاد	انحراف از معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
وضعیت ارتفاعی	۸/۰۶۲۸۸۳	۳۴/۹۴۳۳۵	۲۷۱/۷۴۴۱۴	۰/۰۶۱
فاصله از نقاط شهری	۷/۹۱۲۰۴۵	۵۷/۴۷۰۹۵۴	۴۵۴/۷۱۲۷۷۴	۰/۱
وضعیت سازنهای زمین‌شناسی	۷/۹۵۷۷۰۳	۵۶/۲۳۲۵۵۸	۵۰۳/۷۳۲۴۷	۰/۱۰۹
فاصله از خطوط گسل	۸/۶۷۹۰۶۶	۵۴/۰۰۷۵۴۶	۴۶۸/۷۳۵۰۸	۰/۱
عمق آب‌های زیرزمینی	۹/۱۸۸۵۷۹	۸۸/۰۶۵۹۲۵	۸۰۹/۲۰۰۷۰۹۱	۰/۱۷۵
فاصله از راههای ارتباطی	۷/۸۹۲۶۷۹	۴۰/۱۹۶۴۹۲	۳۱۷/۲۵۸۰۰۸۳	۰/۰۷
وضعیت شیب	۸/۱۲۴۸۱۵	۹۸/۹۸۷۲۷۸	۸۰۴/۲۵۳۳۲۱	۰/۱۷۴
نوع خاک	۹/۸۷۶۵۵۵	۵۶/۶۰۸۱۵۹	۵۵۹/۰۹۳۵۹۵۸	۰/۱۲۱
فاصله ازنقاط مستعد زمین‌لغزش	۸/۲۰۰۲۹۳	۵۱/۷۹۶۱۵۷	۴۲۴/۴۷۳۶۶	۰/۰۹

مأخذ : یافته‌های محاسباتی نگارندگان، ۱۳۹۱

روش اولویّت‌بندی‌گزینه‌ها در فرایند تصمیم‌گیری چند معیاری

تحلیل سطح تناسب اراضی در فرایند مکان‌یابی، مستلزم استفاده از قاعده مشخصی است. یک قاعده تصمیم‌گیری در فرایند تحلیل چندمعیاری، مشتمل بر دستورالعملی است که بر اساس آن امکان مرتب‌سازی گزینه‌ها فراهم می‌شود. با استفاده از قاعده‌ی تصمیم-گیری می‌توان پیکسل‌ها یا گزینه‌ها را در یک نظم مشخص کلاس‌بندی کرده و مکان‌های مناسب را در کلاس‌های اولویّت‌دار جستجو کرد. در عرصه‌ی فنون تصمیم چند معیاری (MCDM)، قواعد تصمیم‌گیری متعددی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی چون‌روش ترکیب‌خطی وزن‌دار، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش‌های مبتنی بر نقطه‌ی ایده‌آل اشاره کرد *(مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۳۵-۳۳۴)*. در روش‌های مبتنی بر نقطه ایده‌آل، مرتب‌سازی مجموعه‌ای از گزینه‌ها، بر پایه‌ی انفکاک آن‌ها از نقطه ایده‌آل صورت می‌پذیرد. گزینه‌ای که نزدیک‌تر از همه به نقطه ایده‌آل باشد، به عنوان بهترین گزینه شناخته می‌شود. به عبارت دیگر گزینه‌هایی مناسب‌اند و اولویّت بالاتری دارند که حداقل فاصله را نسبت به راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله را نسبت به نقطه دارای وضعیت نامطلوب داشته باشند. تکنیک مرتب‌سازی اولویّت گزینه‌ها بر مبنای میزان مشابهت به راه‌حل ایده‌آل[1] (TOPSIS)، یکی از متداول‌ترین روش‌ها در تعیین میزان انفکاک از موقعیت ایده‌آل محسوب می‌شود. بر اساس این تکنیک، بهترین گزینه، گزینه‌ای است که به طور همزمان، نزدیک‌ترین واحد به نقطه ایده‌آل و دورترین واحد از نقطه متصف به شرایط نامطلوب باشد.

از امتیازات مهم این روش آن است که به طور همزمان می‌توان از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده نمود. با این حال لازم است در این مدل جهت محاسبات ریاضی، تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها از نوع کمّی بوده و در صورت کیفی بودن نسبت داده شده به معیارها، می‌باید آن‌ها را به مقادیر کمّی تبدیل نمود. اگرچه روش TOPSIS را می‌توان هم در محیط رستری و هم در محیط برداری مربوط به GIS به کار برد، اما این تکنیک به طور ویژه‌ای مناسب با ساختار داده‌های رستری است. روش کار مبتنی بر GIS مشتمل بر مراحل ذیل می‌باشد: *(مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۷۵-۳۷۴)*

مرحله اول: تشکیل ماتریس داده‌ها براساس n آلترناتیو و m شاخص. که در آن X_{ij} معرف نمره خام پیکسل iام در معیار jام است.

$$X_{ij}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{22} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله دوم: در این مرحله با استانداردسازی داده‌ها، دامنه مقادیر (x_{ij}) را به یک دامنه استاندارد، تبدیل و مقادیر استاندارد شده داده‌ها (V_{ij}) را به‌دست می‌آوریم. در چنین روندی لایه‌های نقشه استاندارد که قابل مقایسه و قابل ترکیب با هم هستند به دست می‌آید.

$$V_{ij}=\begin{bmatrix} v_{11} & v_{22} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

1-Technique for order preference by similarity to the ideal solution

مرحله سوم: وزن‌های (w_j) اختصاص یافته به هر صفت را تعیین می‌کنیم؛ مجموع وزن‌ها باید به گونه‌ای باشد که $0 \leq w_j \leq 1$ و $\sum_j w_j = 1$ به دست آید.

مرحله‌چهارم: با ضرب هر ارزش از لایه صفت استاندارد شده V_{ij}در وزن متناظر بر آن(w_j)، لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی را ایجاد می‌نماییم؛ هر سلول از لایه‌ها، حاوی ارزش استاندارد شده وزنی V_{ij} می‌باشند؛

مرحله پنجم: ارزش حداکثر ($v+j$) را در رابطه با هر یک از لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی، تعیین می‌کنیم (ارزش‌ها تعیین‌کننده نقطه ایده‌آل هستند)؛ یعنی $V+j=(V_{max1},V_{max2},\ldots,V_{maxn})$.

مرحله ششم: ارزش حداقل (V-j) را برای هر لایه نقشه استاندارد شده وزنی، تعین می‌کنیم (ارزش‌ها تعیین‌کننده نقطه حضیض هستند) به‌صورتی‌که؛

$$j\text{-}V=(V_{min1},V_{min2},\ldots,V_{minn})$$

مرحله هفتم: با استفاده از یک اندازه انفکاک، فاصله بین نقطه ایده‌آل و هر گزینه را محاسبه می‌کنیم، یک انفکاک را می‌توان با استفاده از متریک اقلیدسی (مستقیم الخط) محاسبه کرد ؛

$$s_{i+} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{+j})^2}$$

مرحله هشتم: با استفاده از همان اندازه انفکاک "فاصله" بین نمره هر گزینه و نقطه حضیض را تعیین می‌کنیم ؛

$$s_{i-} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{-j})^2}$$

مرحله نهم: با استفاده از رابطه زیر، نزدیکی نسبی به نقطه ایده‌آل (c_i+) را محاسبه می‌کنیم:

$$C_{i+} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}}$$

به‌طوری که $0 < c_i + < 1$ می‌باشد. بر این اساس هر اندازه یک گزینه به نقطه ایده‌آل نزدیک‌تر باشد c_i+ به سمت ۱ میل می‌کند؛

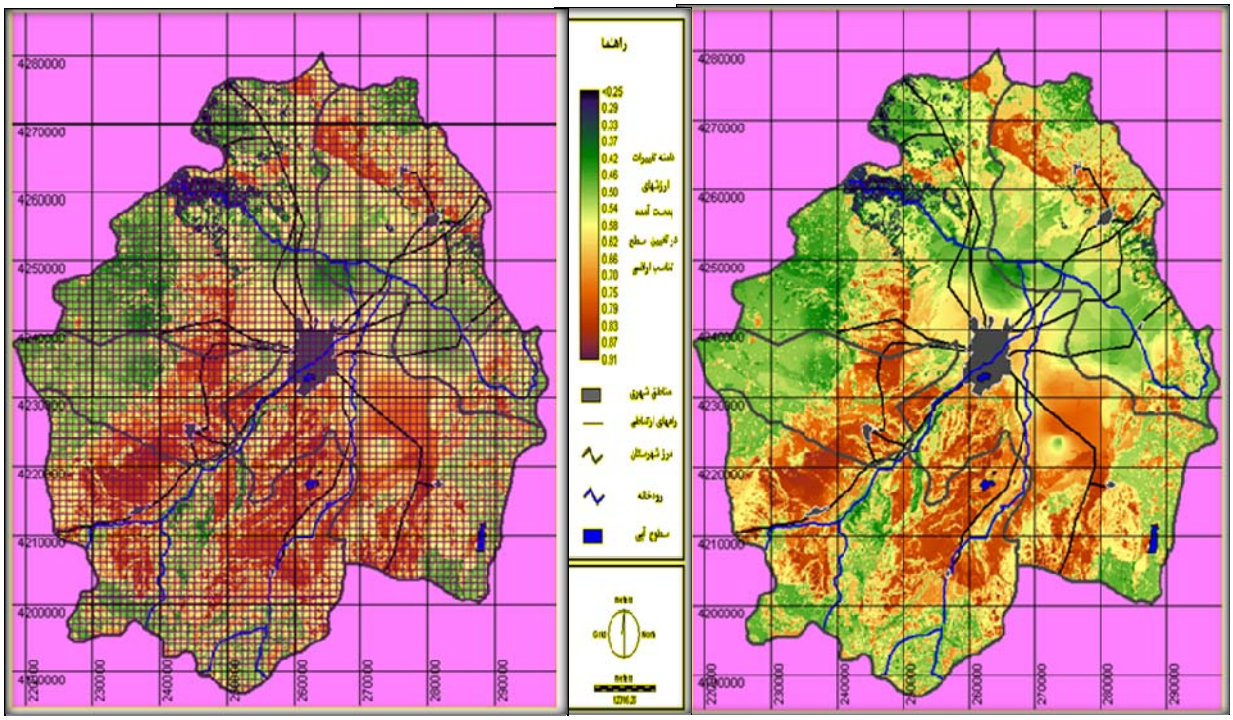
مرحله دهم: گزینه‌ها را بر حسب یک ترتیب نزولی از c_i+ رتبه‌بندی کرده؛ گزینه‌ای که با بالاترین ارزش از c_i+ همراه باشد بهترین گزینه است.

یافته‌های تحقیق

برایند عملیاتی سازی مراحل و دستورالعمل‌های مطرح در فرایند به‌کارگیری مدل TOPSIS، یک نقشه اولویّت‌بندی شده از تناسب اراضی برای توسعه شهری است که امتیاز آن‌ها در دامنه بین صفر و یک مشخص می‌شود (شکل ۴- الف). هر پیکسلی که نمره آن به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشانگر شرایط مطلوب‌تر پیکسل برای توسعه‌ی شهری است که به تناسب نیاز در فاز توسعه‌ی پیوسته و یا ناپیوسته‌ی شهری می‌تواند مدنظر قرار گیرد. این نقشه می‌تواند در انتخاب قطعات اولویّت‌دار در موقعیت بلافصل با بافت فعلی شهر و نیز انتخاب قطعات اولویّت‌دار در داخل شعاعی که در آن به توسعه‌ی ناپیوسته شهری اقدام می‌شود، به عنوان راهنما عمل کند. بررسی صورت وضعیت پیکسل‌های اولویّت‌دار مشخص شده در نقشه‌ی تناسب اراضی، به لحاظ تک‌تک معیارهای به کار گرفته شده در تعیین تناسب اراضی برای توسعه‌ی‌شهری،نیز گویای مطلوبیت وضعیت پیکسل‌ها به لحاظ معیارهای یاد شده است. کنترل صورت وضعیت نمونه‌هایی از پیکسل‌های اولویّت‌دار نشان‌می‌دهد که امتیاز استاندارد فازی این پیکسل‌ها در غالب معیارها، بیش از ۲۳۰ می‌باشد. از سوی دیگر بررسی سطوح اولویّت‌بندی شده اراضی در شکل ۴- الف نشان می‌دهد که این سطوح به صورت پراکنده و نامنسجم بوده و نمی‌توانند در رابطه با الگوی توسعه‌ی منظم و منسجم شهری قابلیت کاربرد مناسبی داشته باشند.

بر همین اساس، بهتر است واحدهای توسعه در فرایند توسعه‌ی کالبدی پیوسته و ناپیوسته شهری در ابعاد ۱۰۰۰در۱۰۰۰ متری که می‌تواند

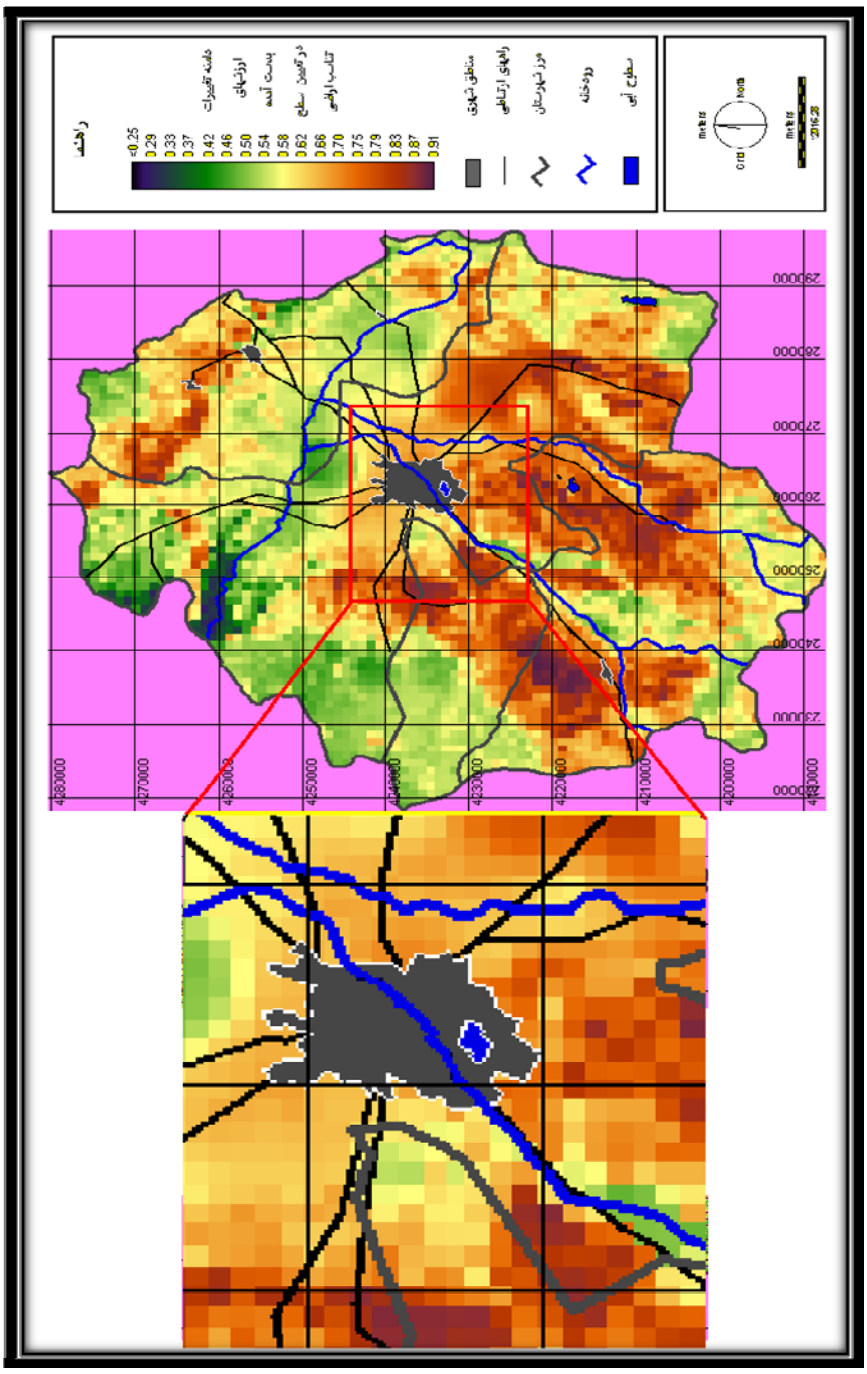
مبنای واحدهای همسایگی و محله در توسعه‌ی سامانمند شهری تلقی گردد مشخص شده و اولویّت‌بندی شوند (شکل ۴-ب). برای این منظور بعد از تبدیل نقشه‌برداری از سلول‌های با ابعاد ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متری، به نقشه رستری، متوسط ارزش‌های حاصل از ارزیابی چند معیاری در هر سلول با استفاده از تابع Extact محاسبه گردیده و در ادامه با استفاده از تابع Asign، ارزش‌های حاصل از Extact به سلول‌ها اختصاص یافت. به این ترتیب تصویری ایجاد گردید که شامل شبکه‌ای از سلول‌های ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متری است. هر سلول از این شبکه، ارزش خاصی را به نمایش می‌گذارد و سلول‌های با ارزش بیشتر، نشانگر آن است که برای کاربری مورد نظر از ارزش بالایی برخوردارند (شکل ۵). به عنوان مثال سلول‌های مارکدار با شماره‌های ۱ و ۲، به ترتیب حامل ارزش‌هایی معادل با ۰/۶۹ و ۰/۸۱ هستند و می‌توانند به تناسب نیاز در فاز توسعه‌ی پیوسته و ناپیوسته شهری به عنوان یک گزینه، در مقام مقایسه با گزینه‌های دیگر، مدنظر قرار گیرند.



ب الف

شکل ۴: نقشه سطح بندی شده تناسب اراضی بر مبنای خروجی حاصل از مدل TOPSIS

مأخذ : یافته‌های محاسباتی نگارندگان، ۱۳۹۰



شکل ۵ : نقشه سطح بندی شده تناسب اراضی در قالب شبکه سلولی از واحدهای توسعه شهری

مأخذ : یافته‌های محاسباتی نگارندگان ، ۱۳۹۰

نتیجه

بررسی خروجی حاصل از مدل TOPSIS که به صورت نقشه سطح‌بندی شده از تناسب اراضی برای توسعه‌ی شهری، نمود پیدا می‌کند و نیز صورت EXTRACT شده آن که در قالب شبکه‌ای از سلول‌های با ابعاد ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متری عینیت پیدا می‌کند نشان می‌دهد که کارایی لازم را دارند تا در روند هدایت توسعه‌ی کالبدی شهر، به‌عنوان راهنمای عمل تصمیم‌گیران، مورد استفاده قرار گیرند. این توسعه می‌تواند در قالب فرم‌های توسعه‌ی شطرنجی که انعطاف‌پذیری بالایی را در رابطه با الگوهای رشد دامنه‌دار از رشد شتابان در شهرهای بزرگ‌دارند، قابل پیاده‌سازی باشد. ضمن اینکه هر سلول از شبکه مذکور می‌تواند به عنوان واحدهای توسعه‌ی کالبدی، موضوع طرح‌های آماده‌سازی زمین‌وتفکیک آن در فرایند شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری، تلقی شود. این نیاز در هدایت توسعه‌ی شتابان شهری،به‌ویژه در توسعه‌ی شتابان در پیرامون‌مادرشهرها و کلان‌شهرها، که از ماهیّت منطقه‌ای نیز برخوردارند، امری حیاتی تلقی می‌شود.

در این روند ضمن ملاحظه‌ی ضرورت‌های مطرح در حفظ اراضی با ارزش‌کشاورزی، به‌هدایت مسیر توسعه‌ی‌کالبدی‌شهر در بسترهای مناسب پرداخته می‌شود.روشن است که در چنین روندی، تحقق توسعه‌ی ناپیوسته مستلزم ساختار کارآمد شبکه در ارتباطی در پیرامون شهرهای بزرگ است.

منابع

- ابراهیم‌زاده، عیسی؛ قاسم رفیعی (۱۳۸۸). مکان‌یابی بهینه جهت گسترش کالبدی شهر با استفاده از سیستم اطلاعات‌جغرافیایی،موردشناسی:شهر مرودشت، فصلنامه جغرافیا و توسعه. شماره ۱۵.
- بابائی‌اقدم، فریدون (۱۳۸۶). تحلیل الگوهای فضایی حواشی شهری (مطالعه موردی شهر تبریز)، رساله دکتری. دانشکده علوم انسانی دانشگاه تبریز.
- بدر، رضا (۱۳۷۹). کاربرد سنجش از دور و GIS در جهت‌یابی گسترش فیزیکی شهر، مطالعه موردی شهر رضی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت‌مدرس.
- پوراحمد، احمد؛ علی یدغار؛ کیومرث حبیبی (۱۳۸۲). بررسی روند و الگوی توسعه شهری با استفاده از GIS و RS، نشریه هنرهای زیبا . شماره ۱۶.
- دفتر آمار و اطلاعات استانداری اردبیل (۱۳۸۷). سالنامه آماری استان اردبیل ۱۳۸۷، نشر دفتر آمار و اطلاعات استانداری. شماره ۶۰۲ .
- جهانی، علی (۱۳۷۶). قابلیت‌های اطلاعات ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات ارزیابی زمین مطالعه موردی حوزه‌ی آبریزی طالقان، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- رنجبرنائینی، سعیده؛ علیرضا سفیانیان؛ امیدرضا رنجبرنائینی؛ حمیدرضا ضیائی (۱۳۸۷). بارزسازی تغییرات کاربری اراضی شهری با استفاده از GIS و RS در شهر اصفهان، همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی (GIS). انجمن‌علمی فناوری اطلاعات و ارتباطات ودجا.
- شیعه، اسماعیل (۱۳۸۷). کارگاه برنامه‌ریزی شهری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. چاپ ششم.

- عبداللهی،جلال؛محمدحسن رحیمیان، کاظم دشتکیان؛ مهدی شادان (۱۳۸۴). بررسی اثرات زیست محیطی تغییرات کاربری اراضی روی پوشش گیاهی مناطق شهری با به‌کارگیری تکنیک سنجش از دور، همایش علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۲۹. تابستان ۸۵.
- عدیلی، اسماعیل؛ عباس علیمحمدی؛ محمد طالعی (۱۳۸۷). ارزیابی تناسب کاربری زمین شهری (تصمیم-سازی مکانی- گروهی بر مبنای GIS) مطالعه موردی اصفهان، نقشه برداری. سال نوزدهم. شماره ۹۶.
- علیزاده‌بگدیلو، محمد (۱۳۸۸). تغییرات کاربری اراضی شهر پارس‌آباد (با تأکید بر مهاجرت از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵)،پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت.
- غفاری‌گیلانده، عطا (۱۳۸۰). ارزیابی نظام توسعه‌ی کالبدی شهری و ارایه الگوی مناسب توسعه‌ی کالبدی شهر با استفاده از GIS در قالب مدل توسعه‌ی پایدار زمین (مطالعه‌موردی:شهر اردبیل)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. تهران. دانشگاه تربیت مدرس.
- قرخلو، مهدی؛ مهدی زنگنه‌شهرکی (۱۳۸۸). شناخت الگوی رشد کالبدی- فضایی شهر با استفاده از مدل‌های کمّی (مطالعه موردی: شهر تهران)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۳۴.
- مالچفسکی، یاچک (۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، ترجمه اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده. انتشارات سمت.
- مخدوم، مجید (۱۳۸۹). شالوده آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران.
- معماریان، حسین (۱۳۷۷). زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- مهندسین مشاور طرح و کاوش (۱۳۸۶). خلاصه گزارش طرح جامع شهر اردبیل، اردبیل.سازمان مسکن و شهرسازی استان اردبیل.
- گروه مهندسین مشاور همکار توسعه بوم سازگان پایدار (۱۳۸۶). طرح کالبدی منطقه فارس، جلد دوم. فصل دهم. پستی و بلندی‌ها.
- Cheng, Jianquan. Masser, Ian (2003). Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China. Landscape and Urban Planning, Vol 62.
- Han, Ji. Hayashi, Yoshitsugu. Cao, Xin . Imura, Hidefumi (2009). Application of an integrated system dynamics and cellular utomata model for urban growth assessment: A case study of Shanghai,China. Landscape and Urban Planning, Vol 91 .
- Herold, Martin. Couclelis, Helen. Clarke, Keith C (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. Computers, Environment and Urban Systems, Vol 29.
- Luo, Jun. DennisWei, Y. H (2009). Modeling spatial variations of urban growth patterns in Chinese cities: The case of Nanjing. Landscape and Urban Planning, Vol 91.
- White, Roger. Engelen, Guy. Uljee, Inge. Lavalle, Carlo. Erlich, Daniele (2010). Developing an Urban Land Use Simulator for European Cities. Landscape and urban Planning, Vol 30.