بخش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال سیزدهم / شماره چهارم) زمستان ۱۴۰۱
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیویلیکا، گوگل اسکولار
آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

مقاله پژوهشی

مدل ارزیابی تناسب زمین برای توسعه‌شهری با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: بم)

پویا فرحانی، سحر رضایان، مژگان زعیم‌دار، سید علی جوزی

دریافت: ۳ مرداد ۱۴۰۰/ بازنگری: ۱۵ شهریور ۱۴۰۰/ پذیرش: ۲۳ شهریور ۱۴۰۰

دسترسی اینترنتی: ۲۵ شهریور ۱۴۰۰/ دسترسی چاپی: ۱۱ دی ۱۴۰۱

چکیده

پیشینه و هدف در چند دهه اخیر با افزایش سرعت شهرنشینی و رشد مهاجرت به شهرها، تغییرات گسترده‌ای در ساختار فیزیکی شهرها به وجود آمده است. اعمال این تغییرات بدون در نظر گرفتن توان اکولوژیکی سرزمین و توجه به الزامات توسعه پایدار شهری، شهرها را با چالش‌های متعددی مواجه کرده است، که یکی از این چالش‌ها، تعیین اراضی مناسب جهت گسترش فیزیکی شهر و استقرار کاربری توسعه شهری است. از جمله روش‌های علمی و قابل اطمینان جهت تعیین و ارزیابی مناطق مستعد توسعه شهری با در نظر گرفتن شرایط و خصوصیات محیطی، ارزیابی توان اکولوژیکی است. انجام چنین ارزیابی تا حد زیادی به استفاده پایدار از زمین و حل مشکلات محیط زیستی ناشی از توسعه سریع شهرها کمک می‌کند. هدف از انجام ارزیابی توان اکولوژیکی، شناسایی مناسب‌ترین عرصه‌ها جهت استقرار کاربری‌های گوناگون با توجه به برنامه‌ریزی‌های آینده است. با توجه به این که معیارها و شاخص‌های مختلفی باید در انتخاب اراضی مناسب جهت استقرار کاربری توسعه شهری مدنظر قرار گرفته و تجزیه و تحلیل شوند، ضروری می‌نماید تا از موثرترین روش‌ها و تکنیک‌ها جهت شناسایی این اراضی استفاده شود. سامانه اطلاعات جغرافیایی یکی از ابزارهای پرکاربرد در انجام مطالعات محیط زیستی به شمار می‌آید، که می‌تواند در انجام ارزیابی توان اکولوژیکی نیز مورد استفاده قرارگیرد. به دلیل نقش و اهمیت معیارها در انجام مطالعات ارزیابی توان اکولوژیکی، روش‌های مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌بایست با سایر روش‌ها و ابزارها ترکیب شوند تا نتیجه قابل قبولی بدست آید. پژوهش حاضر **با** هدف انجام ارزیابی توان اکولوژیک شهرستان بم، به منظور تعیین عرصه‌های مناسب جهت استقرار کاربری توسعه شهری با رویکرد استفاده و تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، منطق فازی و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها جهت دستیابی به اهداف این پژوهش در گام نخست با مطالعه و بررسی پژوهش‌های پیشین و استفاده از نظرات گروه نخبگان، کلیه معیارها و زیرمعیارهای مورد نیاز جهت استقرار

پویا فرحانی[۱]، سحر رضایان(✉)[۲]، مژگان زعیم‌دار [۳]، سید علی جوزی [۴]

۱. دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲. دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود، ایران

۳. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۴. استاد، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات : sahar.rezayan@yahoo.com

https://doi.org/10.30495/GIRS.2021.686048

https://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.4.6.0

کاربری توسعه شهری در منطقه مشخص شد. به همین منظور، پرشسنامه‌ای طراحی و بین گروه نخبگان توزیع گردید تا نظرات خود را در خصوص معیارها و زیرمعیارها بیان کنند. از جدول مورگان جهت تعیین حجم جامعه آماری و حجم نمونه مورد نیاز استفاده شد. در نهایت ۹ معیار و ۱۳ زیرمعیار جهت انجام ارزیابی توان اکولوژیک شهرستان بم انتخاب شدند. جهت وزن‌دهی و انجام مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها نیز از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و نرم افزار ExpertChoice کمک گرفته شد. در گام بعدی، تمامی نقشه‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS و با توجه به محدودیت‌های استقرار کاربری توسعه شهری در شهرستان بم به روش فازی استانداردسازی شدند. مقیاس نقشه‌های مورد استفاده در این پژوهش ۱:۱۰۰۰۰۰ و رزولوشن لایه‌های اطلاعاتی دیجیتال نیز ۹۰×۹۰ متر است. در گام اخر، با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار و عملگر جمع فازی تمامی لایه‌های اطلاعاتی روی هم‌گذاری و نقشه نهایی توان اکولوژیک شهرستان بم تولید شد.

نتایج و بحث نتایج حاصل از انجام تحلیل‌های چند معیاره نشان داد، سه زیرمعیار فاصله از گسل‌های اصلی، فاصله از چاه‌های آب شرب و بافت خاک به ترتیب با ۰/۲۳۵، ۰/۱۱۷، ۰/۱۱۴ بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. نرخ ناسازگاری محاسبه شده حاصل از انجام مقایسات زوجی در این پژوهش برابر با ۰/۰۷ محاسبه شد که کمتر از حد آستانه ۰/۱ است که نشان می‌دهد قضاوت‌های صورت گرفته توسط گروه نخبگان به درستی انجام شده است. همچنین با تحلیل نتایج حاصل از روی هم‌گذاری نقشه‌ها مشخص شد، بیشترین ارزش پیکسلی محاسبه شده به منظور استقرار کاربری توسعه شهری در منطقه برابر با ۰/۴۸۱ و کمترین ارزش نیز برابر با ۰/۰۷ است. جهت انجام تحلیل دقیق‌تر نقشه با طبقه‌بندی نقشه نهایی در چهار طبقه، مشخص ۲۴٪ از مساحت منطقه معادل ۱۸۹۹۶۵/۲ هکتار دارای توان متوسط، ۳۴٪ معادل ۲۶۸۸۵۴/۳ هکتار ضعیف، ۲۲٪ معادل ۱۷۸۶۹۵/۷ هکتار بسیار ضعیف و ۲۰٪ معادل ۱۶۰۷۶۲/۳ هکتار غیرقابل توسعه است. پراکنش مناطق با توان اکولوژیکی متوسط عمدتا در قسمت‌های شرق، شمال‌غرب و به میزان کمتر در مرکز منطقه و پراکنش مناطق با توان بسیار ضعیف و غیرقابل توسعه در محدوده غرب و جنوب منطقه قرار دارند.

نتیجه‌گیری این پژوهش با هدف شناسایی و اولویت بندی مناطق مناسب جهت استقرار کاربری توسعه شهری در شهرستان بم با استفاده از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، سامانه اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی به انجام رسیده است. تمامی معیارها و زیرمعیارهای استفاده شده جهت انجام این پژوهش با توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیایی و اقتصادی- اجتماعی منطقه و با استفاده از تکنیک پرسشنامه تعیین گردیده‌اند. درنهایت ۹ معیار شامل منابع آبی، اقلیم، توپوگرافی، زمین شناسی، خاک، مناطق تحت مدیریت، راه‌ها، مراکز جمعیتی، کاربری اراضی و ۱۳ زیرمعیار شامل، فاصله از منابع آب سطحی، فاصله از منابع آب زیرزمینی، اقلیم، سرعت باد، شیب، ارتفاع، فاصله از گسل‌های اصلی، زمین‌شناسی، بافت خاک، فاصله از مناطق حفاظت شده، فاصله از جاده‌ها، فاصله از مناطق ساخته شده شهری و کاربری‌اراضی، جهت انجام این پژوهش انتخاب شدند. به منظور انجام مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها، از روش پرسشنامه و نرم افزار ExpertChoice و جهت استانداردسازی و روی هم‌گذاری نقشه‌ها نیز از نرم افزار ArcGIS استفاده شده است. نتایج نشان داد حدود ۲۴٪ از اراضی شهرستان بم دارای توان اکولوژیکی متوسط جهت استقرار کاربری توسعه شهری می‌باشند. با توجه به نتایج بدست آمده از روش‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده در این پژوهش و مقایسه با پژوهش‌های مشابه می‌توان بیان کرد که استفاده و تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، منطق فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند ابزار لازم و کافی جهت تعیین مناطق مناسب استقرار کاربری توسعه شهری را فراهم و تحلیل دقیقی از این مناطق را با توجه به خصوصیات منطقه جهت برنامه ریزی‌های آتی ارائه دهد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان کرد به دلیل شرایط خاص منطقه و پتانسیل لرزه خیزی بالا ناشی از وجود شبکه گسلی و عوامل زمین ساخت، منطقه مطالعاتی از پتانسیل متوسطی جهت استقرار کاربری توسعه برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار شهری، تناسب اکولوژیکی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، بم

لطفاً به این مقاله استناد کنید: فرحانی، پ.، رضایان، س.، زعیم‌دار، م.، جوزی، س. ع. ۱۴۰۱. مدل ارزیابی تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: بم)، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۳(۴): ۱۳۰-۱۱۲.
https://doi.org/10.30495/GIRS.2021.686048

مقدمه

توسعه و گسترش روزافزون شهرها به دلیل رشد جمعیت و مهاجرت، منجر به ساخت و سازهای بدون برنامه و تغییرات بزرگ در ساختار فضایی شهری، به ویژه توسعه فیزیکی شهرها در مکان‌های نامناسب شده است. در کلانشهرهای ایران نیز، به دلیل متمرکز شدن صنایع، خدمات و امکانات و همچنین مهاجرت از روستاها به شهرها، تغییرات زیادی در ساختار فضایی شهرها اعمال شده است که این امر موجب افزایش فشار بر منابع سرزمین شده و در نهایت منجر به تخریب اکوسیستم و وقوع فجایع محیط زیستی خواهد شد (۱۴). ارزیابی توان اکولوژیک، ابزاری است برای طراحی و پیش بینی الگوهای بهینه استفاده و کاربری زمین که سعی در کاهش مخاطرات محیط زیستی دارد.

ارزیابی توان اکولوژیک با استفاده از روش‌های مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به ابزاری مهم برای مدیریت و نظارت بر تغییرات در توسعه شهری و تأثیر آنها بر اکوسیستم‌ها تبدیل شده است. این روش فرآیندی است که هدف آن شناسایی بهترین مکان‌های توسعه شهری با در نظر گرفتن پایداری محیط زیست و خصوصیات منطقه است. در تعیین اهمیت معیارهای مورد استفاده و محاسبه وزن آنها، ابزارهای (GIS) باید با روش‌های دیگر ادغام شوند تا بتوانند نتایج دقیق‌تری از تجزیه و تحلیل‌ها ارائه دهند (۱).

استفاده و ادغام سامانه اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل‌های چند معیاره (MCDM) می‌تواند ابزاری مناسب را جهت تعیین عرصه‌های مستعد استقرار کاربری توسعه شهری با توجه به خصوصیات طبیعی، اجتماعی و اقتصادی منطقه فراهم کند (۴).

تجزیه و تحلیل چند معیاره معمولاً برای حل فرایندهای پیچیده تصمیم‌گیری که در آن چندین معیار، سناریو و فاکتور وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرند و شامل ترسیم ساختار سلسله مراتبی معیارها، ارزیابی و مقایسه اهمیت این معیارها نسبت به یکدیگر و تعیین یک رتبه‌بندی کلی از معیارها است (۵).

لوآن و پینگ (۱۱) پژوهشی جهت تعیین توان اکولوژیک توسعه شهری در منطقه ایلی چین به انجام رساندند. آنها از ۱۳ معیار جهت انجام پژوهش خود استفاده کردند. نتایج نشان داد ۶۷/۴ درصد از مناطق جهت استقرار کاربری توسعه شهری مناسب و ۳۲/۶ درصد از مناطق مناسب استقرار کاربری توسعه شهری نمی‌باشند. اوستاوغلو و آیدین اوغلو (۲۴) به ارزیابی توان اکولوژیک منطقه پندیک استانبول پرداختند. نتایج نشان داد مناطق مرکزی و جنوبی منطقه مورد مطالعه از نظر توان اکولوژیکی برای استقرار کاربری شهری مناسب هستند.

هابتمو (۷) در پژوهش خود به ارزیابی توان اکولوژیک شهر ولکیته اتیوپی پرداخته است. این پژوهش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به انجام رسیده است. از سیستم نمره دهی ساعتی نیز جهت تدوین پرسشنامه به منظور وزن دهی و اولویت بندی معیارها کمک گرفته شده. نتایج نشان داد ۱۷۵۰ هکتار از محدوده مورد مطالعه دارای توان عالی از نظر استقرار کاربری توسعه شهری است.

نقدی و همکاران (۱۸) به ارزیابی توان اکولوژیک اراضی حاشیه شهر تبریز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداخته‌اند. ۱۲ معیار طبیعی و انسانی برای انجام این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. با بررسی پژوهش‌های پیشین می‌توان به دو نکته که در اکثر این پژوهش به آن کم توجهی شده اشاره کرد. اول عدم استفاده از نظرات کارشناسان و نخبگان بومی در تعیین معیارهای پژوهش که شناخت کافی از منطقه مورد مطالعه را دارند و دوم عدم توجه کافی به قوانین و مقررات حرایم و ضوابط ساخت و ساز شهری در مرحله فازی سازی نقشه‌ها. تلاش شده در انجام این پژوهش هر دوی این موارد مدنظر قرار گیرد تا نتیجه نهایی از دقت بالایی برخوردار باشد.

جهت انجام این پژوهش شهرستان بم به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. این منطقه از منظر تاریخی، فرهنگی و اقتصادی از جایگاه ویژه‌ای در استان کرمان برخوردار است. متمرکز شدن خدمات و صنایع در این منطقه از یک سو و

وجود سامانه‌های گسلی فعال از سوی دیگر، توسعه و گسترش شهر را در این منطقه با چالش‌های بسیاری مواجه کرده است. در همین راستا پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تعیین عرصه‌های مناسب توسعه شهری شهرستان بم با استفاده از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، سامانه اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی به انجام رسیده است.

جهت نیل به اهداف این پژوهش با استفاده از نظر خبرگان ۹ معیار و ۱۳ زیرمعیار جهت انجام این پژوهش انتخاب شد. وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها با استفاده از سیستم نمره دهی ساعتی و به کمک روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام گرفته است. استانداردسازی نقشه‌ها در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و به روش فازی صورت گرفته و روی هم‌گذاری نقشه‌ها نیز با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار به انجام رسیده است.

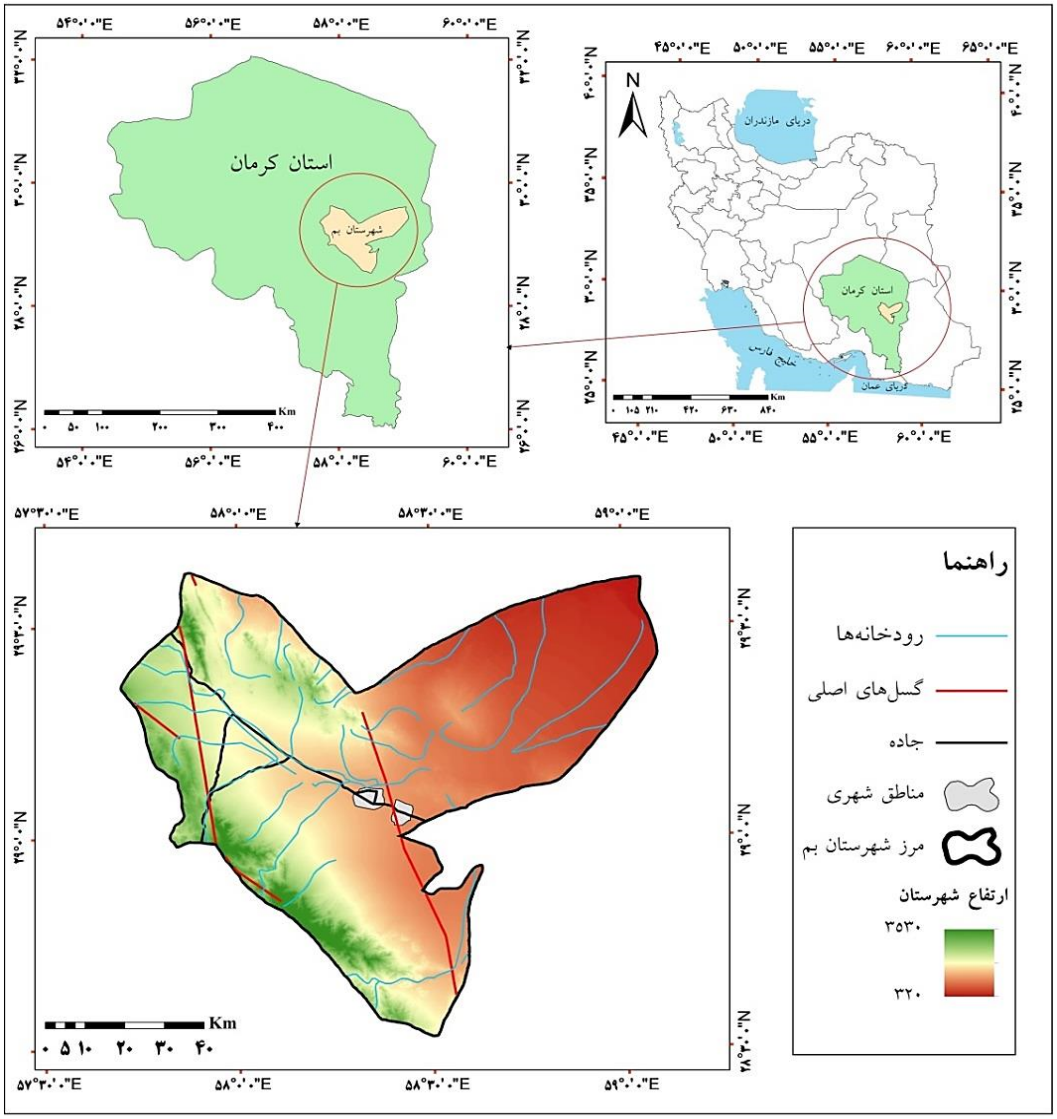
مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

شهرستان بم با وسعت ۵۱۷۰۸۱ کیلومتر مربع ۲/۸۲ درصد از مساحت استان کرمان را به خود اختصاص داده و در ارتفاع ۱۰۶۲ متری از سطح دریا واقع شده است. از نظر جمعیت منطقه مورد مطالعه بر طبق اخرین سرشماری سال ۱۳۹۵، دارای جمعیت کل ۲۲۸۲۴۱ نفر است که از این تعداد ۱۵۰۱۵۷ ساکن نقاط شهری و ۷۷۲۶۵ نفر ساکن نقاط روستایی هستند. میانگین بارندگی سالانه بلند مدت در سطح شهرستان حدود ۵۴ میلی متر و جهت باد در این محدوده غالباً در جهت غرب، تا حدودی جنوب غربی، شمال غربی و شمال است. شهرستان بم جزء حوضه آبریز کویر لوت بوده و از منابع آب سطحی این شهرستان می‌توان به سه رودخانه اصلی نساء، فاشکوه و آدوری اشاره کرد. به طور کلی سامانه‌های گسلی اصلی شهرستان بم روندی شمالی- جنوبی با کمی تمایل به سمت غرب و شمال غربی- جنوب شرقی دارند.

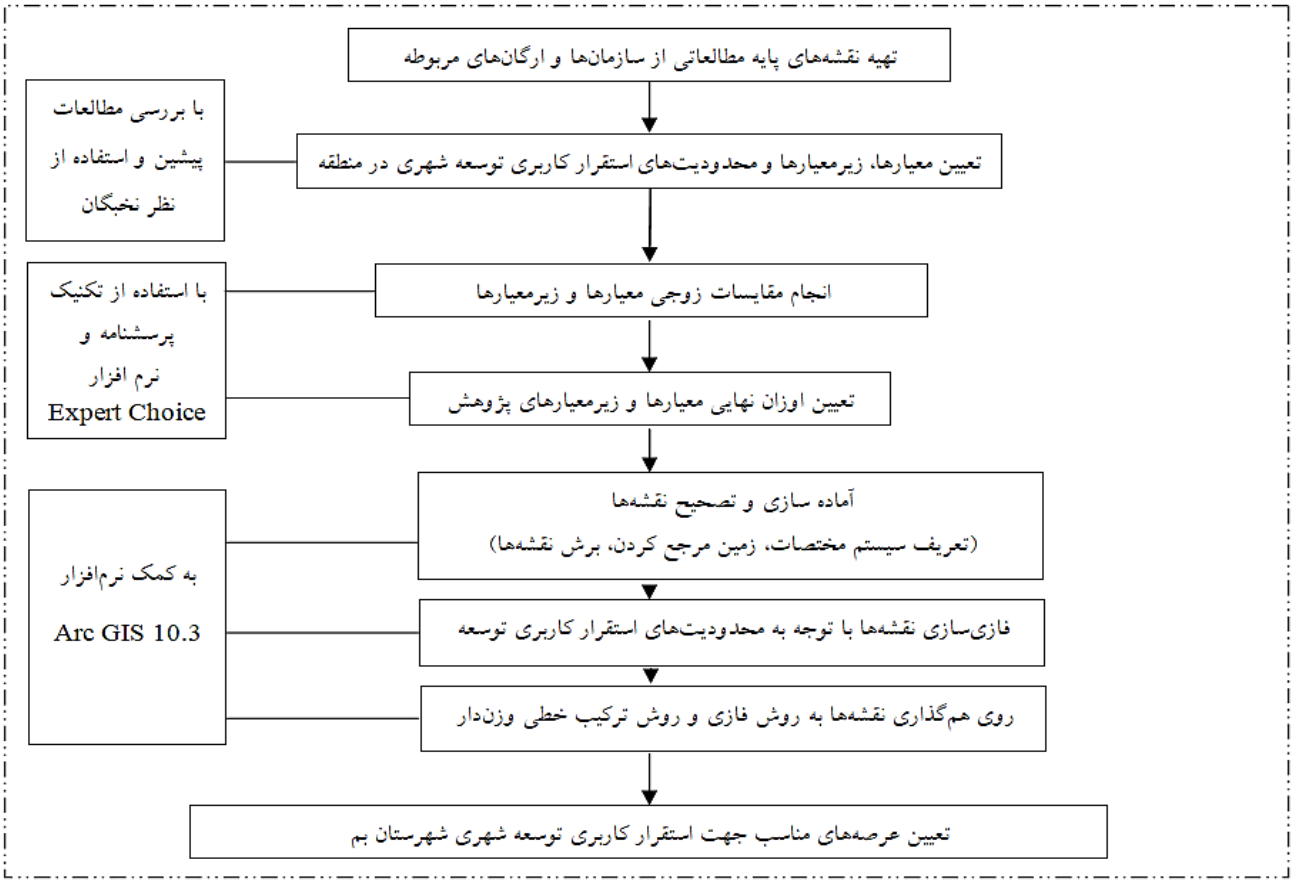
روش تحقیق

جهت انجام ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری در این پژوهش ابتدا با مطالعه و بررسی پایان‌نامه‌ها، مقالات، مجلات، کتب و گزارش‌های منتشر شده در زمینه‌های برنامه ریزی محیطی، توسعه شهری، ارزیابی توان اکولوژیک، اصول تصمیم‌گیری چند معیاره و مدیریت بحران به جمع‌آوری اطلاعات پایه مطالعاتی اقدام شد. در ادامه بازدیدها و مصاحبه‌هایی به منظور جمع آوری اطلاعات در خصوص منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. نقشه‌های مورد نیاز جهت انجام این پژوهش نیز با مراجعه به سازمان‌ها و ارگان‌های مربوطه تهیه و گردآوری شدند. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به منابع آبی شامل رودخانه‌ها و چاه‌ها از شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، اطلاعات مربوط به اقلیم و سرعت باد از سازمان هواشناسی کشوری، اطلاعات مربوط به زمین شناسی منطقه و گسل‌ها از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، اطلاعات مربوط به بافت خاک، توپوگرافی و کاربری اراضی از اداره حفاظت از محیط زیست شهرستان بم و اداره کل حفاظت محیط زیست استان کرمان و اطلاعات مربوط به مناطق ساخته شده شهری و راه‌ها از اداره کل راه و شهرسازی استان کرمان تهیه شدند. مقیاس نقشه‌های مورد استفاده در این تحقیق ۱:۱۰۰۰۰۰ و رزولوشن لایه‌های اطلاعاتی دیجیتال نیز ۹۰×۹۰ متر است. سایر اطلاعات نیز با بررسی گزارشات و مستندات ارائه شده توسط سازمان‌های دولتی همچون فرمانداری استان کرمان و شهرستان بم، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان و سایر ارگان‌های مرتبط با منطقه گردآوری شدند. در این پژوهش تمامی نقشه‌ها در سیستم مختصات (UTM) با بیضوی مرجع WGS1984 و زون 40N تعریف شده‌اند. در شکل ۲ فرآیند انجام کار در این پژوهش قابل مشاهده است.



شکل ۱. موقعیت قرارگیری شهرستان بم بر روی نقشه

Fig. 1. Location of Bam city on the map



شکل۲. فلوچارت مراحل انجام پژوهش

Fig. 2. Research steps flowchart

تعیین معیارهای پژوهش

به منظور تعیین معیارها و زیرمعیارها در این پژوهش، ابتدا اقدام به مطالعه و بررسی محیط فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی مکان مورد مطالعه گردید. سپس با توجه به اطلاعات جمع آوری شده از منطقه و بررسی مطالعات و تحقیقات صورت گرفته، فهرستی از معیارهای پرتکرار مرتبط با ارزیابی توان اکولوژیک با توجه به محدودیت‌ها و ضوابط استقرار کاربری توسعه شهری تهیه شد. در گام بعدی از نظر نخبگان و صاحبنظران در این زمینه کمک گرفته شد تا معیارهای مناسب با شرایط منطقه مطالعاتی و هدف پژوهش را تعیین کنند. به همین جهت معیارها و زیر معیارها در قالب پرسشنامه برای گروه نخبگان ارسال و از آنها خواسته شد با توجه به اهداف تحقیق و شرایط جغرافیایی و محیطی منطقه مورد مطالعه نظرات خود را در خصوص معیارها اعلام کنند. جهت تعیین حجم نمونه مورد نیاز از جدول مورگان کمک گرفته شد. با استفاده از این جدول حجم جامعه آماری ۳۰ نفر و حجم نمونه ۲۸ نفر تعیین گردید. جهت تعریف محدودیت‌ها و مطلوبیت‌ها نیز از قوانین و مقررات شهرسازی و حرایم کیفی ساخت و ساز کمک گرفته شد. در جدول ۱ معیاره و زیرمعیارهای نهایی استفاده شده در این پژوهش قابل مشاهده است.

جدول۱. معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده جهت تعیین توان اکولوژیک استقرار کاربری توسعه شهری شهرستان بم

Table 1. Criteria and sub-criteria used to determine the land suitability of Bam city for the establishment of urban development

مولفه	معیار	زیرمعیار	محدودیت‌ها و مطلوبیت‌ها	منابع
فیزیکی	منابع آبی	فاصله از رودخانه‌ها	کمتر از ۱۵۰ متر ارزش صفر بیشتر از ۱۵۰ متر ارزش بین ۰ تا ۱	(۱۳ و ۲۵)
		فاصله از چاه‌های آب شرب	کمتر از ۲۵ متر ارزش صفر بیشتر از ۲۵ متر ارزش بین ۰ تا ۱	(۱۴)
	اقلیم	اقلیم	مرطوب ، نیمه مرطوب، نیمه خشک، ۱ خشک ارزش ۰/۵ و فراخشک ارزش صفر	(۱۲)
		سرعت باد	کمتر از ۳۵ کیلومتر در ساعت ارزش بین ۰ تا ۱ بیشتر از ۳۵ کیلومتر ارزش صفر	(۱۲)
	توپوگرافی	شیب	تا ۹ درجه ارزش بین ۰ تا ۱ بیشتر از ۹ درجه ارزش صفر	(۲۳)
		ارتفاع	تا ۱۸۰۰ متر ارزش بین ۰ تا ۱ بیشتر از ۱۸۰۰ متر ارزش صفر	(۸ و ۱۶)
	زمین شناسی	فاصله از گسل‌های اصلی	کمتر از ۱۰۰۰ متر ارزش صفر بیشتر از ۱۰۰۰ متر ارزش بین ۰ تا ۱	(۶ و ۲۵)
		زمین شناسی منطقه	ماسه سنگ، بازالت، رسوبات آبرفتی، ۱ سنگ آهک، سنگ رس، گرانیت، لس، ۰/۵ سایر، ارزش صفر	(۱۰)
	خاک	بافت خاک	لوم، لومی رسی، رسی شنی ارزش، ۱ شنی، شنی لومی، لومی رسی شنی، ۰/۵ سایر، ارزش صفر	(۱ و ۱۶)
بیولوژیکی	مناطق تحت مدیریت	فاصله از مناطق حفاظت شده	کمتر از ۱۰۰۰ متر ارزش صفر بیشتر از ۱۰۰۰ متر ارزش بین ۰ تا ۱	(۶)
	راه‌ها	فاصله از جاده‌های اصلی	کمتر از ۱۰۰ متر ارزش صفر بیشتر از ۱۰۰ متر ارزش بین ۰ تا ۱	(۱۴، ۱۶ و ۲۰)
اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی	مراکز جمعیتی	فاصله از مناطق ساخته شده شهری	کمتر از ۱۵۰۰ متر ارزش بین ۰ تا ۱ بیشتر از ۱۵۰۰ متر ارزش صفر	(۸ و ۱۴)
	کاربری اراضی	کاربری اراضی	زمین‌های بایر، زمین‌های ساخته شده شهری، ارزش ۱ مرتع با تاج پوشش فقیر ارزش ۰/۵ زمین های زارعی، بستر رودخانه‌ها، کاربری حفاظت محیط زیست ارزش صفر	(۵ و ۱۴)

نقش هر یک از معیارها بر تناسب سرزمین

از گذشته دور همواره عوامل مختلفی در تعیین موقعیت شهر و نحوه چیدمان و توسعه اجزا آن نقش داشته‌اند. در جدول ۲ نقش هر یک از معیارهای تعیین شده جهت انجام این پژوهش بر انتخاب عرصه‌های مناسب توسعه شهری به اختصار بیان شده است.

جدول۲. اهمیت معیارهای مورد استفاده در پژوهش در استقرار کاربری توسعه شهری

Table 2. The importance of the criteria used in this research on the establishment of urban development

معیار	نقش معیار در انتخاب عرصه‌ها
منابع آبی	امروزه دسترسی به منابع آبی به دلیل نقش و اهمیتی که در تامین رفاه ساکنین و توسعه بخش‌های مختلف خدماتی و صنعتی دارد مورد توجه است. نبود منابع آبی کافی و مناسب در منطقه هزینه‌های زیرساختی را به صورت چشم‌گیری افزایش می‌دهد. همچنین عدم توجه به حفظ حرایم رودخانه‌ها و چاه‌ها می‌تواند در زمان وقوع حوادثی همچون سیل زیرساخت‌های شهری را مورد تهدید قرار دهد.
اقلیم	نقش اقلیم را نمی‌توان در توسعه و گسترش شهر نادیده گرفت. اقلیم‌های فراخشک و خشک و وزش بادهای شدید چالش‌ها متعددی را پیش روی توسعه شهری قرار می دهند که از جمله آنها می‌توان از فرسایش بادی و آبی خاک به دلیل فقر پوشش گیاهی، ایجاد طوفان‌های گرد و غبار و سخت شدن دسترسی آسان به منابع آبی نام برد.
توپوگرافی	توپوگرافی و عوارض ژئومرفولوژی همواره از جمله عوامل مهم در تعیین عرصه‌های مناسب توسعه شهری به‌شمار می‌آیند. توسعه شهرها در مناطق با شیب بیشتر از ۹ درجه و ارتفاع بالاتر از ۱۸۰۰متر علاوه بر دشوار کردن دسترسی به این مناطق، ارائه خدمات شهری را نیز با مشکل جدی مواجه خواهد کرد.
زمین شناسی	نوع سازندهای زمین و نوع سنگ بستر نقش مهمی در استقرار سازه‌های شهری دارند و جز عوامل تعیین کننده در تعیین عرصه‌های مناسب توسعه شهری به‌حساب می‌آید. سازنده‌ها با استحکام پایین موجب به خطر افتادن سازه‌های ساخته شده در مواجه با حوادث خواهد شد.
خاک	نوع و بافت خاک به دلیل تاثیر مستقیم بر استحکام سازه‌ها و زیر ساخت‌های شهری عاملی مهم در توسعه شهری می‌باشد که باید در انجام مطالعات مکان‌گزینی شهری مدنظر قرار گیرد. گسترش شهرها بر روی خاک نامناسب می‌تواند شهر و زیرساخت‌های شهری را در صورت وقوع حوادثی همچون سیل و زلزله با خطرات جدی روبرو کند.
مناطق تحت مدیریت	نزدیکی ساخت و سازها در مجاورت مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست علاوه بر برهم زدن سیمای ظاهری سرزمین و آرامش طبیعی این مناطق و باعث پراکنش آلودگی‌های انسانی به سمت این مناطق خواهد شد و لذا حفظ حریم ساخت وساز با مناطق تحت مدیری به منظور داشتن توسعه‌ای پایدار در جهت حفاظت از محیط زیست حتما باید مورد توجه قرار گیرد.
راه‌ها	عدم دسترسی به راه‌ها و جاده‌های مناسب برای دریافت و ارسال کالا و خدمات و تردد آسان یکی از مهمترین موانع در رسیدن به اهداف توسعه پایدار شهری. بنابراین قابلیت دسترسی به جاده‌ها، می‌بایست در توسعه شهری مورد توجه قرار گیرند.
مراکز جمعیتی	هرچه برنامه ریزی جهت توسعه‌های آتی شهر در نزدیکی مناطق ساخته شده شهری برنامه‌ریزی شود علاوه بر تسهیل دستری به این مناطق، هزینه انتقال خدمات و زیرساخت‌های شهری به آنها را نیز کاهش خواهد داد.
کاربری اراضی	نوع کاربری اراضی که در حال حاضر درمنطقه وجود دارد حتما باید در فرآیند تعیین توان مورد توجه قرار گیرد. اراضی انفال، اراضی کشاورزی، بستر رودخانه‌ها و یا اراضی که دارای ارزش تاریخی و فرهنگی هستند نباید به کاربری توسعه شهری اختصاص پیدا کنند.

وزن دهی به معیارها

جهت انجام تحلیل‌های چند معیاره نیاز است تا هر سطح از معیارها نسبت به معیار مربوطه خود به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه گردد (۲۲). این کار به کمک سیستم نمره دهی که توسط توماس الساعتی ابداع گردید، قابل انجام است. به منظور وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها، پرسشنامه‌ایی با استفاده از سیستم نمره دهی ساعتی (درجه ارجحیت بین ۹-۱) تدوین و بین گروه نخبگان که قبلاً نیز در تعیین معیارها شرکت داشته‌اند توزیع شد. حجم جامعه آماری ۳۰ نفر و حجم نمونه مورد نیاز نیز ۲۸ برآورد شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط گروه نخبگان، از نرم‌افزار Expert Choice برای انجام مقایسات زوجی، اولویت بندی و محاسبه اوزان نهایی استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل پرسشنامه‌های تکمیل شده در این نرم افزار وارد و مرحله به مرحله ابتدا معیارهای اصلی با یکدیگر و سپس زیر معیارهای هر معیار نسبت به یکدیگر مقایسه شدند. در جدول ۳ مقایسات زوجی معیارهای پژوهش قابل مشاهده است.

جدول۳. جدول مقایسات زوجی معیارهای پژوهش

Table 3. Pairwise comparison of study criteria

معیارها	منابع آبی	اقلیم	توپوگرافی	زمین شناسی	خاک	مناطق تحت مدیریت	راه‌ها	مراکز جمعیتی	کاربری اراضی
منابع آبی	۱	۴	۳	۱/۴	۲	۳	۳	۳	۲
اقلیم		۱	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۲	۲	۱/۲
توپوگرافی			۱	۱/۴	۱/۲	۲	۲	۳	۲
زمین شناسی				۱	۳	۳	۴	۵	۲
خاک					۱	۲	۳	۲	۱
مناطق تحت مدیریت						۱	۲	۳	۲
راه‌ها							۱	۱/۲	۲
مراکز جمعیتی								۱	۱/۲
کاربری اراضی									۱

در نهایت جهت تعیین وزن نهایی از رابطه ۱ استفاده شد:

[۱] وزن زیرمعیار حاصل از مقایسات زوجی × وزن معیار حاصل از مقایسات زوجی = $\sum$

منطق فازی و استاندارد سازی نقشه‌ها

استفاده و ادغام تئوری‌های فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند دقت نقشه‌های تولیدی را به طرز چشمگیری بهبود بخشد و تحلیل‌های کامل‌تری را از شرایط منطقه در اختیار پژوهشگر قرار دهد. در منطق فازی، میزان عضویت در مجموعه، با مقداری در بازه عددی یک (عضویت کامل یا کاملاً مناسب) تا صفر (عدم عضویت یا کاملاً نامناسب) تعریف می‌شود. بنابراین، هرچه ارزش عددی عضویت فازی بیشتر باشد، آن منطقه جهت استقرار کاربری مورد نظر ایده آل‌تر است (۱۷). بر طبق محدودیت‌ها و مطلوبیت‌هایی که در جدول ۱ تعریف شده بودند، نسبت به استاندارد سازی نقشه‌ها به کمک نرم افزار (ArcGIS) اقدام شد.

روش ترکیب خطی وزن‌دار

روش ترکیب خطی وزن‌دار یکی از پرکاربردترین روش‌ها در انجام تحلیل‌های مبتی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی است. این روش اغلب در انجام تحلیل‌های ارزیابی توان اکولوژیک و مکان‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش ترکیب خطی وزن‌دار یک تکنیک تحلیلی است که می تواند هنگام کار با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و یا هنگامی که بیش از یک معیار باید مورد بررسی و تحلیل قرارگیرد، استفاده شود. این روش بر مبنای میانگین وزنی استوار است. جهت انجام این روش ابتدا باید معیارها در یک محدوده عددی مشترک استاندارد شده و سپس با میانگین وزنی ترکیب شوند. درنهایت هرچه عدد محاسبه شده بالاتر باشد، منطقه جهت استقرار کاربری مورد نظر مناسب‌تر خواهد بود. روش WLC با استفاده از رابطه ۲ به انجام می‌رسد (۲۱).

$$\check{S} = \sum_{i=1}^{n} Wi \times Xi \qquad [۲]$$

در این رابطه؛ $\check{S}$ میزان مناسب بودن در نقشه نهایی، W_i وزن اختصاص داده شده به معیار i، X_i وزن استاندارد شده معیار i و n تعداد کل معیارها را نشان می‌دهد.

نتایج

پس از محاسبه اوزن نهایی حاصل از تحلیل پرسشنامه‌ها و انجام مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش، مشخص شد سه زیرمعیار فاصله از گسل‌های اصلی، فاصله از

چاه‌های آب شرب و بافت خاک به ترتیب با ۰/۲۳۵، ۰/۱۱۷، ۰/۱۱۴ بیشترین وزن و سه زیرمعیار سرعت باد، ارتفاع و اقلیم به ترتیب با ۰/۰۴۳، ۰/۰۲۱، ۰/۰۱۴ کمترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. در جدول ۴ اوزان نهایی معیارها و زیرمعیارها قابل مشاهده است.

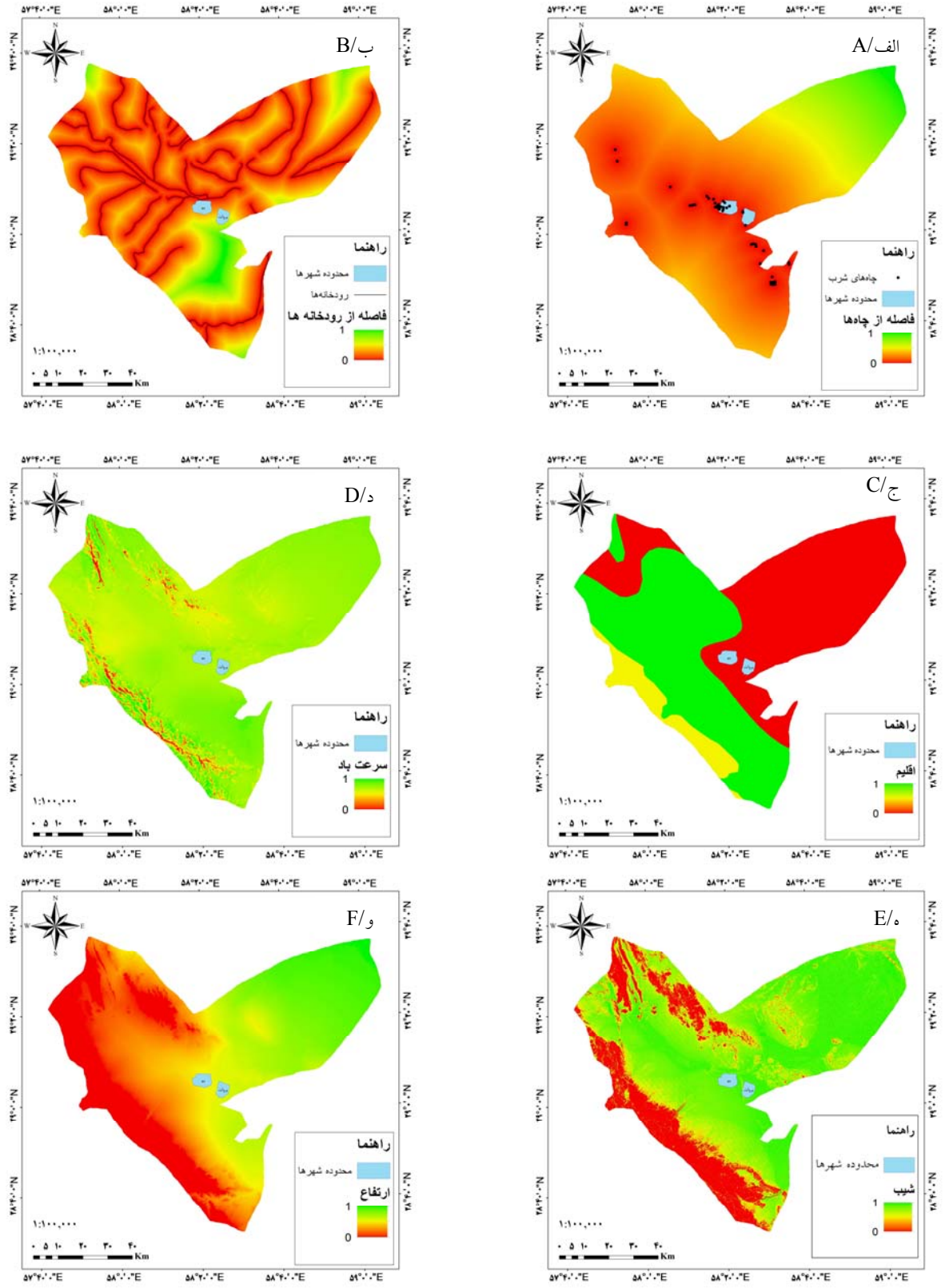
جدول۴. اوزان نهایی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش

Table 4. Final weights of research criteria and sub-criteria

ردیف	معیارها	وزن	زیرمعیارها	وزن	وزن نهایی	ردیف	معیارها	وزن	زیرمعیارها	وزن	وزن نهایی
			فاصله از رودخانه‌ها	۰/۳۳۳	۰/۰۵۸	۵	خاک	۰/۱۱۴	بافت خاک	۱	۰/۱۱۴
۱	منابع آبی	۰/۱۷۶	فاصله از چاه‌های آب شرب	۰/۶۶۷	۰/۱۱۷	۶	مناطق تحت مدیریت	۰/۰۸۸	فاصله از مناطق حفاظت شده	۱	۰/۰۸۸
			اقلیم	۰/۲۵۰	۰/۰۱۴	۷	راه‌ها	۰/۰۵۳	فاصله از جاده های اصلی	۱	۰/۰۵۳
۲	اقلیم	۰/۰۵۸	سرعت باد	۰/۷۵۰	۰/۰۴۳	۸	مراکز جمعیتی	۰/۰۴۶	فاصله از مناطق ساخته شده شهری	۱	۰/۰۴۶
۳	توپوگرافی	۰/۱۰۵	شیب	۰/۸۰۰	۰/۰۸۴	۹	کاربری اراضی	۰/۰۷۶	کاربری اراضی	۱	۰/۰۷۶
			ارتفاع	۰/۲۰۰	۰/۰۲۱						
۴	زمین شناسی	۰/۲۸۳	فاصله از گسل‌های اصلی	۰/۸۳۳	۰/۲۳۵						
			زمین شناسی منطقه	۰/۱۶۷	۰/۰۴۷						

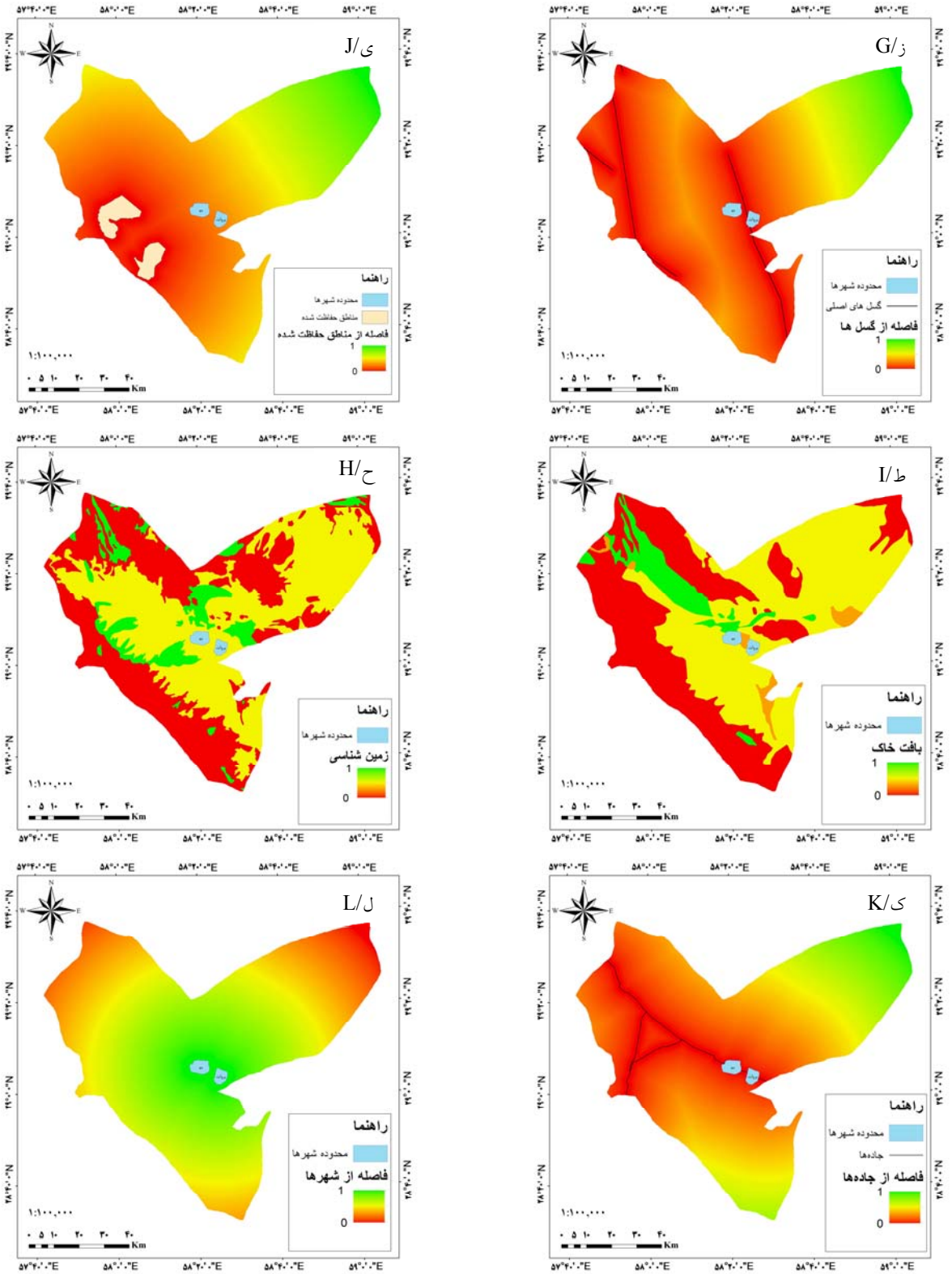
از جمله گام‌های ضروری در انجام تحلیل‌های چند معیاره محاسبه میزان نرخ ناسازگاری است. نرخ ناسازگاری شاخصی است که مقدار آن نشان دهنده تناقضات و ناسازگاری‌های احتمالی در ماتریس مقایسات زوجی است. بر همین اساس نرخ ناسازگاری برای تحلیل‌های انجام شده محاسبه گردید که نتایج نشان داد نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی در این پژوهش برابر با ۰/۰۷ است. بر اساس نظریه ساعتی (۲۲) در صورتی که نرخ ناسازگاری محاسبه شده کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که قضاوت‌ها به درستی انجام شده است در غیر این صورت قضاوت‌ها باید مورد تجدید نظر قرار گیرند.

استاندارد سازی نقشه‌ها به روش فازی و با توجه به محدودیت‌ها و مطلوبیت‌هایی که در جدول ۱ تعریف شده بود انجام شد. در شکل ۳ نقشه‌های استاندارد شده فازی قابل مشاهده است.



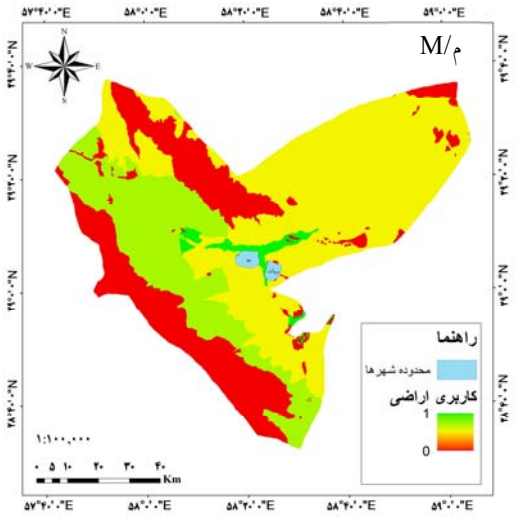
شکل۳. نقشه‌های استاندارد شده فازی (الف: فاصله از چاه‌های آب شرب، ب: فاصله از رودخانه‌ها، ج: اقلیم، د: سرعت باد)

Fig. 3. Sample of standardized maps using the fuzzy logic technique (A: distance from drinking wells, B: distance from rivers, C: Climate, D: wind speed)



ادامه شکل۳. ه: شیب، و: ارتفاع، ز: فاصله از گسل‌های اصلی، ح: زمین شناسی منطقه، ط: بافت خاک، ی: فاصله از مناطق حفاظت شده

Cont. Fig 3. E: slope, F: DEM, G: distance from main faults, H: geology, I: soil texture, J: distance from protected area



ادامه شکل۳. ک: فاصله از جاده‌های اصلی، ل: فاصله از مناطق ساخته شده شهری، م:کاربری اراضی

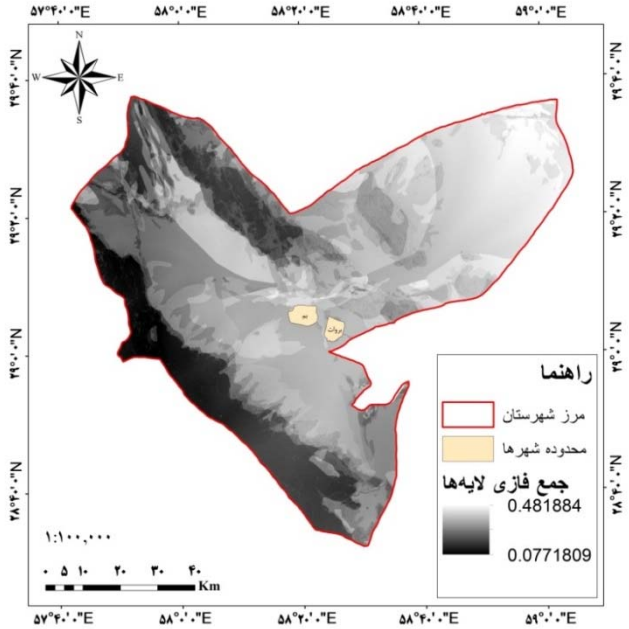
Cont. Fig 3. K: distance from roads, L: distance from cities, M: land use

در نهایت از رابطهٔ ۳ جهت روی هم‌گذاری نقشه‌ها استفاده شد. بدین ترتیب نقشه‌های نهایی توان اکولوژیک شهرستان بم جهت استقرار کاربری توسعه شهری تولید شدند.

[۳]

Land Suitability Map = (“Rivers” × 0.058) + (“Wells” × 0.117) + (“Faults” × 0.235) + (“Protected Area” × 0.088) + (“Roads” × 0.053) + (“Cities” × 0.046) + (“ Geology” × 0.047) + (“Land use” × 0.076) + (“Climate” × 0.014) + (“Soil” × 0.114) + (“wind” × 0.043) + (“Dem” × 0.021) + (“Slope” × 0.084)

نقشه‌های رستری و طبقه بندی شده توان اکولوژیک شهرستان بم در شکل‌های ۴ و ۵ قابل مشاهده است.

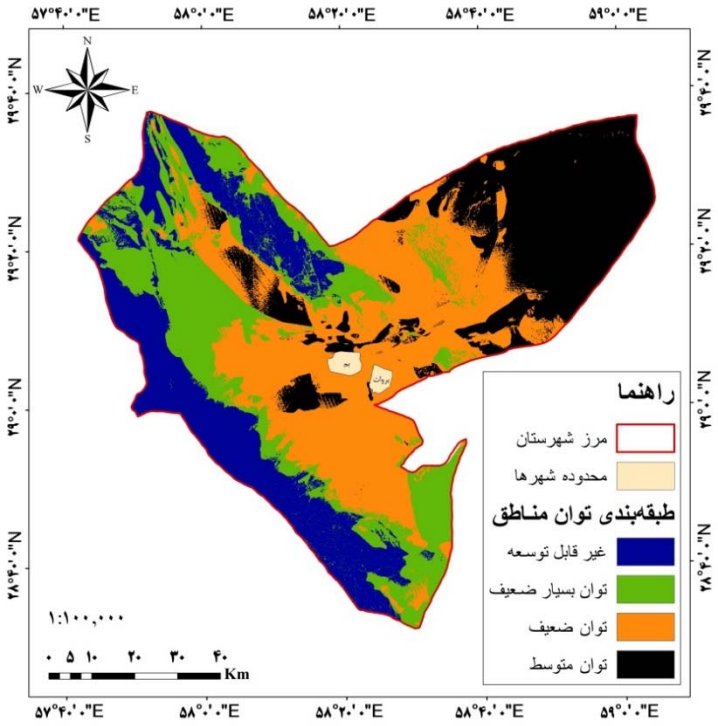


شکل۴. نقشه نهایی توان اکولوژیک شهرستان بم جهت استقرار کاربری توسعه شهری

Fig. 4. Final land suitability map of Bam city for the establishment of urban development

جهت انجام تحلیل دقیق‌تر، نقشه رستری تولید شده با توجه به هدف پژوهش در ۴ طبقه توان شامل، توان متوسط، توان ضعیف، توان بسیار ضعیف و غیرقابل توسعه طبقه بندی شدند. نقشه طبقه بندی شده در شکل ۵ قابل مشاهده است.

در جدول ۵ مساحت طبقات توان اکولوژیک بر حسب کلاس‌بندی صورت گرفته در جدول توصیفی لایه وکتوری و درصد مساحت هر کدام از مساحت کل شهرستان قابل مشاهده است.



شکل۵. نقشه طبقه بندی شده توان اکولوژیک شهرستان بم جهت استقرار کاربری توسعه شهری

Fig. 5. Classified land suitability map of Bam city for the establishment of urban development

جدول ۵. مساحت طبقات توان اکولوژیک شهرستان بم

Table 5. Land suitability classes area of Bam city

ردیف	طبقه توان	درصد مساحت	مساحت (هکتار)
۱	توان متوسط	۲۴٪	۱۸۹۹۶۵/۲
۲	توان ضعیف	۳۴٪	۲۶۸۸۵۴/۳
۳	توان بسیار ضعیف	۲۲٪	۱۷۸۶۹۵/۷
۴	غیر قابل توسعه	۲۰٪	۱۶۰۷۶۲/۳
	جمع کل	۱۰۰٪	۷۹۸۲۷۷/۵

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نتایج حاصل از انجام مقایسات زوجی معیارها و تعیین اوزان نهایی در جدول ۴ مشخص کرد سه زیرمعیار فاصله از گسل‌های اصلی، فاصله از چاه‌های آب شرب و بافت خاک به ترتیب با ۰/۲۳۵، ۰/۱۱۷، ۰/۱۱۴ بیشترین وزن را بین ۱۳ معیار مورد استفاده در این پژوهش به خود اختصاص داده‌اند. علت بیشتر بودن اهمیت این ۳ معیار نسبت به سایر معیارها می‌توان به موقعیت جغرافیایی خاص منطقه و سابقه

لرزه‌خیزی آن مربوط دانست. مخرب‌ترین زمین لرزه به وقوع پیوسته در این منطقه مربوط به دی ماه سال ۱۳۸۲ است که زلزلهٔ ۶/۶ ریشتری موجب ویرانی و تخریب گسترده بخش قابل توجهی از ساختمان‌ها، منازل و زیرساخت‌های شهری شهرستان بم و روستاهای اطراف آن شد. خسارات و تلفات جانی و مالی که بعد از وقوع این زمین لرزه بر جای ماند بیانگر این مهم است که در این منطقه باید توجه ویژه‌ای به رعایت حریم ساخت ساز بر روی خطوط گسلی مبذول گردد. همچنین از آنجایی که منطقه مورد مطالعه در منطقه خشک کویری واقع شده و عمده آب شرب و کشاورزی مصرفی در این منطقه از طریق چاه‌ها تامین می‌گردد از رو این معیار نیز از اهمیت بالایی برخورد است. در صورت عدم توجه به این مهم و احداث بنا در نزدیکی و یا بر روی این چاه‌ها علاوه بر به خطر افتادن کیفیت آب این منابع و افزایش احتمال نشت فاضلاب به داخل آبخوان‌ها، در صورت وقوع زمین لرزه خطر فرونشست ساختمان‌ها را با تهدید جدی روبرو خواهد کرد. در اولویت سوم معیار بافت خاک قرار دارد که عامل بسیار مهمی از منظر استحکام ساخت و ساز جهت توسعه شهری به حساب می‌آید. شناخت خصوصیات و قابلیت‌های خاکی که قرار است سازه‌ای بر روی آن ساخته شود از مهمترین مواردی است که باید در انتخاب عرصه‌های مناسب جهت توسعه شهری مورد توجه قرار گیرد. خاک‌ها با توجه به جنس مواد تشکیل دهنده خود در مقابل عوامل محیطی از قبیل آب، هوا و توان تحمل تنش‌های وارد بر آنها رفتارهای متفاوت از خود نشان می دهند، لذا این عامل ارزیابی توان اکولوژیکی حتما مورد توجه قرارگیرد.

همچنین با بررسی نقشه نهایی رستری حاصل از روی هم گذاری نقشه‌ها با استفاده از عملگر جمع فازی که در شکل ۴ قابل ملاحظه است، بالاترین ارزش پیکسلی در بازه فازی ۰ و ۱، حاصل از اعمال وزن‌ها و محدودیت‌های پژوهش، برابر با ۰/۴۸۱ و کمترین ارزش نیز برابر با ۰/۰۷ است، که این نتایج با توجه به محدودیت‌های تعریف شده، اوزان محاسبه شده و در نظر گرفتن شرایط خاص محدوده مطالعاتی عددی قابل پذیرش است. با طبقه‌بندی نقشه نهایی در ۴ کلاس مشخص شد، مناطق با توان اکولوژیکی متوسط ۲۴٪ درصد از مساحت شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند و بیشتر در محدوده شرق، مرکز و تا حدودی شمال غربی شهرستان قرار دارند. این مناطق همچنین در محدوده‌های کم ارتفاع و مسطح با حداقل ارتفاع ۳۲۵ متر و شیب نزدیک به ۱ درجه در عرصه‌های شرقی و مرکزی، و حداکثر ارتفاع ۱۶۰۰ متر و شیب نزدیک به ۱۱ درجه در نزدیکی عرصه‌های شمال غربی منطقه واقع شده‌اند. در خصوص مناطق با طبقه توان اکولوژیکی بسیار ضعیف و غیر قابل توسعه که به ترتیب ۲۲٪ و ۲۰٪ از مساحت منطقه مطالعاتی را دربر می‌گیرند می‌توان بیان کرد پراکنش این مناطق بیشتر در محدوده غرب، جنوب، شمال و به میزان کمتر شمال غربی قابل مشاهده است. این مناطق به دلیل قرارگیری در مجاورت مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست، شامل منطقه حفاظت شده سنگ مس، منطقه حفاظت شده کوه شیر و بخشی از پناه‌گاه حیات وحش زریاب و همچنین مناطق کوهستانی و مرتفعی مانند ارتفاعات جبال بارز و سنگ مس که در برخی عرصه‌ها ارتفاع تا بیش از ۳۵۰۰ متر و شیب نزدیک به ۵۶ درجه می‌رسد، از نظر توان اکولوژیکی جهت استقرار کاربری توسعه شهری از توان مناسبی برخودار نیستند.

از منظر تلفیق روش‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، سامانه اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی در فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک با پژوهش عادل السید (۲) و خاهرو و همکاران (۹) مشابهت وجود دارد. آنها نیز در این پژوهش خود به این نکته اشاره می‌کنند که روش‌ها کلاسیک قادر به تجریه و تحلیل معضلات پیش روی شهرها نیستند و باید روش‌هایی مورد استفاده قرارگیرند که قادر به حل چالش‌های پیش روی شهرهای آینده باشند. از منظر اهمیت معیار خاک در استقرار کاربری توسعه شهری، مانو (۱۵) نیز در پژوهش خود لایه بافت خاک را به عنوان سومین لایه با بیشترین وزن (۰/۱۷۷) در ارزیابی استقرار توسعه شهری معرفی می‌کند و تنها در معیارهای اول و دوم با این پژوهش تفاوت وجود دارد. همچنین نتیجه نهایی توان

اکولوژیک محدوده مورد مطالعه با نتیجه پژوهش اکبری و همکارن (۳) مشابهت دارد. این پژوهش توان اکولورژیکی مناطق خشک و کویری محدوده‌های شرقی ایران را با ۱۱ معیار مورد ارزیابی قرار داده است. ایشان در پژوهش خود عنوان می‌کنند در صورت عدم دخالت دادن معیارهای زمین شناسی و خاک شناسی در فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک در این مناطق نزدیک به ۷۰ درصد از منطقه دارای توان مناسب استقرار کاربری توسعه شهری است ولی با دخالت دادن معیارهای زمین شناسی و خاک شناسی در روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی تنها ۱۰ درصد از منطقه در محدوده توان عالی و ۲۵ درصد در محدوده توان متوسط قرار خواهند گرفت.

با تحلیل و بررسی نتایج بدست آمده از روش‌های مورد استفاده در این پژوهش می‌توان بیان کرد با توجه به شرایط خاص منطقه و پتانسیل لرزه خیزی بالا ناشی از وجود شبکه گسلی فعال، عوامل زمین ساخت و وجود چاه‌ها و قنوات متعدد، منطقه مورد مطالعه از پتانسیل متوسطی جهت توسعه شهری برخوردار است و بهتر است کاربری‌های دیگری که سازگاری بیشتری با شرایط منطقه داردند مورد توجه و سرمایه‌گذاری قرارگیرد. در همین راستا با توجه به نتایج حاصل از پژوهش پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می‌شود؛ برنامه‌ریزی جهت استقرار کاربری توسعه شهری در چشم اندازهای آتی شهرستان در پهنه‌های شمال غرب و در نزدیکی روستاهای باغچمک و خواجه عسگر صورت گیرد، با توجه به تراکم بالای چاه‌ها و قنوات در محدوده مطالعاتی و امکان فرونشست این مناطق بر اثر زمین لرزه، می‌بایست نظارت سختگیرانه و دقیقی بر ساخت و سازها در نزدیکی این مناطق صورت گیرد، و در صورت امکان مناطق ساخته شده شهری که در نزدیکی و یا بر روی سامانه‌های گسلی فعال منطقه قرار گرفته‌اند به کاربری دیگری با توجه به شرایط منطقه تغییر یابند.

References

1. Aburas MM, Abdullah SH, Ramli MF, Asha'ari ZH. 2017. Land suitability analysis of urban growth in Seremban Malaysia, using GIS based analytical hierarchy process. Procedia Engineering, 198: 1128-1136. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.155.
2. Adel El Sayed MA. 2018. Land suitaility analysis as multi-criteria decision making to support the Egyptian urban development. In: Proceedings of Science and Technology, Conference: ARCHCairo7 11pp. https://doi.org/10.21625/resourceedings.v1i1.
3. Akbari M, Neamatollahi E, Neamatollahi P. 2019. Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. Ecological Indicators, 98: 587-598. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.035.
4. Bikdeli S. 2020. Redevelopment modeling for land suitability evaluation of the suburb brown-fields using fuzzy logic and GIS, northeastern Iran. Environment, Development and Sustainability, 22(7): 6213-6232. https://doi.org/10.1007/s10668-019-00473-7.
5. Bozdağ A, Yavuz F, Günay AS. 2016. AHP and GIS based land suitability analysis for Cihanbeyli (Turkey) County. Environmental Earth Sciences, 75(9): 1-15. https://doi.org/10.1007/s12665-016-5558-9.
6. Deliry SI, Uyguçgil H. 2020. GIS-Based land suitability analysis for sustainable urban development: A case study in Eskisehir, Turkey. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(4): 634-650. https://doi.org/10.35414/akufemubid.679980.
7. Habtamu K. 2020. Contemporary land suitability analysis for urban expansion in Welkite town, Gurage zone, Ethiopia. Journal of Geography and Regional Planning, 13(4): 91-98. https://doi.org/10.5897/JGRP2019.0756.
8. Jahangeer PA, Ganaie SA, Bhat MS. 2018. GIS based land suitability analysis using AHP model for urban services planning in Srinagar and Jammu urban centers of J&K, India. Journal of Urban Management, 7(2): 46-56. https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.05.002.
9. Khahro SH, Chandio IA, Talpur MAH. 2019. Data Preparation for GIS based Land Suitability Modelling: A Stepped Approach. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences, p 02001. https://doi.org/02010.01051/e02003sconf/20191010 2001.
10. Liu R, Zhang K, Zhang Z, Borthwick AG. 2014. Land-use suitability analysis for urban development in Beijing. Journal of Environmental Management, 145: 170-179. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.06.020.

11. Luan C, Liu R, Peng S. 2021. Land-use suitability assessment for urban development using a GIS-based soft computing approach: A case study of Ili Valley, China. Ecological Indicators, 123: 107333. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107333.
12. Makhdoom M. 2014. Fundamental of Landuse Planning, University of Tehran, 15th Edition, 204 p. (In Persian).
13. Maktav D, Jürgens C, Siegmund A, Sunar F, Eşbah H, Kalkan K, Uysal C, Mercan OY, Akar İ, Thunig H. 2011. Multi-criteria spatial decision support system for valuation of open spaces for urban planning. In: Proceedings of 5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies-RAST2011. IEEE, pp 160-163. https://doi.org/110.1109/RAST.2011.5966812.
14. Malmir M, Zarkesh MMK, Monavari SM, Jozi SA, Sharifi E. 2016. Analysis of land suitability for urban development in Ahwaz County in southwestern Iran using fuzzy logic and analytic network process (ANP). Environmental Monitoring and Assessment, 188(8): 1-23. https://doi.org/10.1007/s10661-016-5401-5.
15. Mamo MG. 2019. Integrated Site Suitability Analysis for Urban Development Using Remote Sensing and GIS Based Multicriteria Evaluation Technique in Wolaita Sodo Town and Surrounding Area, SNNPR, Ethiopia. Journal of Environment and Earth Science, 9(5): 1-13. https://doi.org/10.7176/jees/9-5-01.
16. Mufungizi AA, Musakwa W, Gumbo T. 2020. A land suitability analysis of the Vhembe district, South Africa, the case of Maize and Sorghum. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 43. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B3-2020, 1023–1030, https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1023-2020.
17. Murgante B, Casas GL. 2004. GIS and fuzzy sets for the land suitability analysis. International Conference on Computational Science and Its Applications: 1036-1045. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24709-8_109.
18. Naghdi F, Hosseini SM, SADR S. 2014. Ecological capability assessment by using GIS and analytic hierarchy process (Case study: Tabriz Suburb). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 5(3): 57-65. (In Persian).
19. Nguyen TT, Verdoodt A, Van Y T, Delbecque N, Tran TC, Van Ranst E. 2015. Design of a GIS and multi-criteria based land evaluation procedure for sustainable land-use planning at the regional level. Agriculture, Ecosystems & Environment, 200: 1-11. https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.015.
20. Patil S, Jamgade M. 2019. Site Suitability Analysis for Urban Development Using GIS Base Multicriteria Evaluation Technique in Navi Mumbai, Maharashtra, India (February 6, 2019). International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology, 10(1): 55-69, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3533042.
21. Qiu L, Zhu J, Pan Y, Hu W, Amable GS. 2017. Multi-criteria land use suitability analysis for livestock development planning in Hangzhou metropolitan area, China. Journal of Cleaner Production, 161: 1011-1019. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.053.
22. Saaty TL. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 48(1): 9-26. http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I.
23. Santosh C, Krishnaiah C, Deshbhandari PG. 2018. Site suitability analysis for urban development using GIS based multicriteria evaluation technique: a case study in Chikodi Taluk, Belagavi District, Karnataka, India. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol 1. IOP Publishing, pp 012017. https://doi.org/012010.011088/011755-011315/012169/012011/012017.
24. Ustaoglu E, Aydınoglu A. 2020. Suitability evaluation of urban construction land in Pendik district of Istanbul, Turkey. Land Use Policy, 99: 104783. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104783.
25. Zhang X, Fang C, Wang Z, Ma H. 2013. Urban construction land suitability evaluation based on improved multi-criteria evaluation based on GIS (MCE-GIS): Case of New Hefei City, China. Chinese Geographical Science, 23(6): 740-753. https://doi.org/10.1007/s11769-013-0609-6.

RS & GIS for Natural Resources
(Vol. 13/ Issue 4) Winter 2022
Indexed by ISC, SID, Magiran, Noormags, Civilica, Google Scholar
journal homepage : www.girs.iaubushehr.ac.ir

Original paper

Land suitability assessment model for urban development using Multi-Criteria decision-making approach and Geographic Information System (Case study: Bam)

Pooya Farhani, Sahar Rezayan, Mojgan Zaeimdar, Seyed Ali Jozi

Received: 25 July 2021 / Received in revised form 6 September 2021 / Accepted: 14 September 2021
Available online 16 September 2021 / Available print 1 January 2023

Abstract

Background and Objective In recent decades, with the acceleration of urbanization and the growth of migration to cities, the physical structure of cities has undergone extensive changes. To implement these changes, regardless of the ecological capacities and requirements of sustainable urban development, cities are facing many challenges. One of these challenges is determining the appropriate areas for the physical expansion of the city for the establishment of urban development. One of the most reliable methods to determine the appropriate directions and areas for urban development by considering environmental conditions and characteristics is the land suitability assessment. Such an assessment greatly contributes to sustainable land use and solving environmental problems caused by rapid urban development. Land suitability assessment aims to identify the most appropriate spatial pattern for future land uses considering the ecological potential of the area. Since many criteria need to be considered and analyzed in the selection of appropriate lands for urban development, it is necessary to use the most effective techniques to identify the best locations for future urban expansion. The Geographic Information System is such a technique, having its most useful application in the land suitability assessment method. In setting the importance of the criteria used and computing the weights of factors, GIS tools must be integrated with other methods to improve the results. Given that, the present study attempted to evaluate the land suitability to determine suitable areas for the establishment of urban development of Bam city through the integration of the Multi-Criteria Decision-Making approach, Fuzzy Logic, and Geographic Information System.

Materials and Methods To achieve the objectives of this study, with the help of a group of experts, and an extensive review of the related literature, all the criteria and sub-criteria essential to the establishment of urban development were identified as the first step. To this end, a questionnaire was designed and distributed among the group of experts and they were asked to express their opinions on the identified criteria and sub-criteria. To determine the required sample size and population, Morgan's sampling table was employed. Consequently, 9 criteria and 13 sub-criteria were selected for the land suitability assessment in this study.

P. Farhani [1], S. Rezayan(✉) [2], M. Zaeimdar [3], S. A. Jozi [4]

1. Ph.D. Student of Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Engineering, Shahroud Branch, Islamic Azad University, Shahroud, Iran
3. Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

e-mail: sahar.rezayan@yahoo.com

https://doi.org/10.30495/GIRS.2021.686048

https://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.4.6.0

Multi-Criteria Decision-Making method and Expert-Choice software were used to compare and weigh the previously determined criteria and sub-criteria. As the next step, all the data layers were standardized by the fuzzy logic method using ArcGIS software. The scale of the maps used in this research is 1:100000 and the resolution of digital layers is 90×90 meters. After assigning calculated weights to each data layer, they were overlaid using the Weighted Linear Combination method and fuzzy sum technique.

Results and Discussion The results from MCDM analysis revealed that three sub-criteria namely distance from major faults, distance from drinking water wells, and soil texture had the highest weights among other factors at 0.235, 0.117, and 0.114, respectively. The inconsistency calculated for the pairwise comparison in this study was 0.07, which is below the 0.1 thresholds. Analysis of the final raster suitability map, resulting from overlaying data layers, showed that the highest and the lowest pixel values were 0.481 and 0.07, respectively. To perform a more accurate analysis, the final suitability map was classified into four suitability classes (medium, low, very low, and undevelopable) indicating that 24% of the studied area equivalent to 189965.2 hectares, categorized as having medium suitability, 34% low equivalent to 268854.3 hectares, 22% very low equivalent to 178695.7 hectares, and 20% undevelopable equivalent to 160762/3 hectares for the establishment of urban development. The medium suitable areas are mainly located in the east, northwest, and to a lesser extent in the center, mostly away from the major fault lines, while the areas of very low suitability and undevelopable are mainly located in the west and south of the area studied. Due to their proximity to protected areas, mountainous, fault lines, and hills, these areas do not demonstrate the appropriate suitability for the establishment of urban development.

Conclusion This study was conducted to identify and determine suitable areas for the establishment of urban development in Bam city using a combination of the Multi-Criteria Decision-Making approach, Geographic Information System, and Fuzzy Logic technique. All the criteria and sub-criteria, used to conduct this study, have been determined using a questionnaire and considering the environmental conditions and socio-economic characteristics of the studied area. As a result, 9 criteria including water resources, climate, topography, geology, soil, areas under the Department of Environment Management, roads, population centers, and land use, and 13 sub-criteria including distance from surface and groundwater resources, climate, wind speed, slope, altitude, distance from the main faults, geology, soil texture, distance from protected areas, distance from roads, distance from built-up urban areas and land use were selected for this study. Expert Choice and ArcGIS software were employed for pairwise comparison and standardization and overlaying data layers. It was found that 24% of the studied area equivalent to 189965.2 hectares can be categorized as medium suitability for the establishment of urban development. Based on the final results, it is concluded that the integration of the Multi-Criteria Decision-Making approach, Fuzzy Logic, and Geographic Information System can provide sufficient tools to determine the areas suitable for urban development and present a detailed analysis of these areas according to the characteristics of the area for future planning.

Keywords: Sustainable urban development, Land suitability, Geographic Information System, Analytical hierarchy process (AHP), Fuzzy logic, Bam

Please cite this article as: Please cite this article as: Farhani P, Rezayan S, Zaeimdar M, Jozi S. A. 2022. Land suitability assessment model for urban development using Multi-Criteria decision-making approach and Geographic Information System (Case study: Bam). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 13(4): 112-130. https://doi.org/10.30495/GIRS.2021.686048