

تعیین مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی در شهر بجنورد به منظور مکان‌گزینی جهت‌های مناسب توسعه شهری از دیدگاه مخاطره‌شناسی

تیمور جعفری*

استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه کوثر بجنورد

ابراهیم مقیمی

استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۸)

چکیده

فعالیت‌های بدون برنامه انسان در محیط، مخاطرات و خسارات مختلفی از جنبه‌های انسانی، اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی در پی دارد که می‌توان آثار و عواقب فاجعه‌آمیز آنها را به کمک برنامه‌ریزی‌های بعدی و آمادگی برای اقدامات اضطراری کاهش داد. هدف پژوهش حاضر، تعیین مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی به‌منظور مکان‌گزینی جهت‌های مناسب توسعه شهری از دیدگاه مخاطره‌شناسی در گستره شهری و پیراشهری بجنورد است. با این هدف و در رویکرد سیستمی، متغیرهای محیطی شامل پارامترهای ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی (لیتولوژی و گسل‌های فعال)، توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع)، هیدرولوژی (فاصله از رودخانه و مسیل‌ها) و پارامترهای انسانی (کاربری اراضی و فاصله از نقاط شهری و جمعیتی) در محدوده مطالعاتی در قالب نقشه‌های طبقه‌بندی تهیه شد و فازی‌سازی لایه‌ها انجام گرفت. با استفاده از مدل ANP وزن نهایی هر کدام از لایه‌های عاملی در نرم‌افزار Super decision به‌دست آمد. از حاصل ضرب وزن نهایی به‌دست آمده از مدل ANP با لایه‌های فازی شده و با استفاده از عملگر Fuzzy Gamma 0.5، نقشه تلفیقی به‌دست آمد و مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی از منظر توسعه شهری مشخص شد و پهنه‌های باقی‌مانده محدوده مطالعاتی به رده‌های مناسب و بسیار نامناسب طبقه‌بندی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که ۵۷/۷ کیلومتر مربع معادل ۲۱/۲۴ درصد از محدوده تحقیق با توجه به استانداردها و شرایط موجود، منطقه ممنوع است که اغلب منطبق بر قسمت‌های شرقی، شمالی و شمال شرقی شهر بجنورد یعنی بستر و حریم بستر رود فیروزه و محل تلاقی مسیل‌های حلقه‌سنگ، ملکش، پسته، دوبرار، آق‌قلعه، قشلاق، لنگر، باغچق و علی‌آباد و نقاط مجاور سامانه‌های گسلی چهار خروار-بابامان، دوبرار-برج و گسل پارگی و پنهان منطبق بر بستر رودخانه فیروزه است. از کل مساحت محدوده تحقیق، ۵۸/۳ کیلومتر مربع معادل ۱۵/۸۴ درصد شامل پهنه مناطق بسیار مناسب است که بیشتر در قسمت‌های مرکزی (پادگان ارتش قدیم)، جنوبی (اراضی بالادست پادگان منطقه، ملکش و تخت ارکان)، جنوب غربی (پلیس‌راه قدیم) و جنوب شرقی (اراضی حمزانلو، کلاته یوری و شهرک فرهنگیان) محدوده قرار دارد و بنابراین با توجه به مساحت کنونی شهر بجنورد، فضای بهینه توسعه برای سال‌های آتی مبتنی بر حرکت در مسیر کم‌خطر وجود دارد. نتیجه نهایی این است که پژوهش حاضر مبتنی بر نگرش سیستمی و اعمال مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی است و نتایج تحقیق برای مدیریت فضا از کارایی توسعه سکونتگاهی ویژه شهری و پیراشهری برخوردار است.

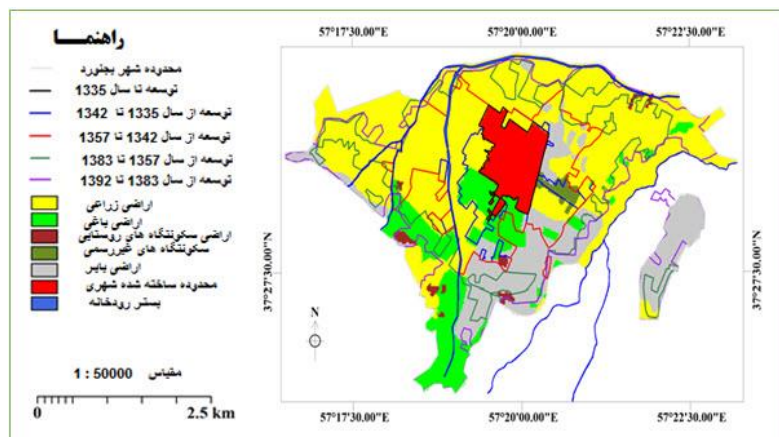
واژه‌های کلیدی: بجنورد، توسعه شهری، ژئومورفولوژی شهری، مخاطرات طبیعی، مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی.

مقدمه

محل استقرار سکونتگاه‌ها و دیگر تأسیسات انسان‌ساخت، تحت تأثیر عوامل محیطی و به‌ویژه ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی است [۸]. استقرار و رشد شهرها بدون توجه به قابلیت‌های زمین و استعدادهای آن، آثار مخرب و زیانبار فراوانی دارد و موجب افزایش چندبرابری خسارات جانی و مالی در مواقع بحرانی می‌شود. در کشورهای در حال توسعه، شهرنشینی همراه با رشد سریع اقتصادی سبب مشکلات توسعه‌ای می‌شود که یکی از این مشکلات افزایش بلایای ژئومورفولوژیکی است [۲۳]. مخاطرات ژئومورفولوژیکی علاوه بر اجزای تشکیل‌دهنده‌ای که علوم طبیعی به آنها می‌پردازد، جنبه‌های اجتماعی قدرتمندی نیز دارند که باید به آنها توجه کرد [۱۸] و می‌توان آثار و عواقب فاجعه‌آمیز آنها را به کمک برنامه‌ریزی‌های قبلی و آمادگی برای اقدامات اضطراری کاهش داد [۱۹]. در این زمینه، با توجه به آنکه احتمال خطر ناشی از مصیبت و بلایا در کشورهای کمتر توسعه‌یافته سه تا چهار برابر کشورهای توسعه‌یافته و ثروتمند است [۲]، نگاه مدیریتی و مخاطره‌شناسی در پهنه‌های محیطی سکونتگاهی و به‌ویژه شهری ضرورت دارد. با این اوصاف، کاربرد و نقش ژئومورفولوژی در توسعه پایدار شهری از طریق پژوهش‌های زیربنایی مورد نیاز پروژه‌های شهری و نیز آگاهی و استانداردسازی محیطی برای برنامه‌ریزان شهری و سیاستگذاران آشکار است [۱۶]. به‌طور موردی، تأثیر پدیده‌های ژئومورفولوژیکی بر یک شهر را می‌توان در مکان‌یابی، مکان‌گزینی و تکامل شهر، گسترش فیزیکی و تعیین جهت‌های گسترش شهر، مورفولوژی شهر و نیز ساخت‌وسازهای شهری طبقه‌بندی کرد [۳]. بنابراین لزوم مطالعات اولیه برای استقرار شهرها و سکونتگاه‌های انسانی بیش از پیش احساس می‌شود و ایجاد برنامه‌های مدون متناسب با محیط و اعمال آنها در تصمیم‌گیری‌ها در مقیاس‌های مختلف، ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به آنکه از دیدگاه مخاطره‌شناسی و مدیریتی، بیشتر خسارت‌ها ناشی از مکان‌یابی نادرست ساختمان‌ها و بناهاست، اهمیت و ضرورت شناخت ویژگی‌های محیط‌های طبیعی به‌منظور تمییز و تشخیص نقاط مناسب برای ایجاد بناها و ساختمان‌ها از مناطق نامساعد معلوم می‌شود [۱۰]. برای شناخت بیشتر ویژگی‌های محیط طبیعی، به مطالعه ژئومورفولوژی نیاز است. در سایه کسب این‌گونه آگاهی، می‌توان قدم‌های مؤثری برای انتخاب مناسب‌ترین مکان به‌منظور گسترش شهرها برداشت و برای جلوگیری و مقابله با خطر پدیده‌های طبیعی اقدامی جدی انجام داد [۱۹].

شهرنشینی شتابان و حرکت به طرف شهری شدن در جهان، با انفجار جمعیت و گسترش ابعاد و تنوع الگوی توسعه شهرها همسو شده است [۲۱]. این افزایش جمعیت در ایران در طی

چند دهه گذشته با توان تجهیز فضاهاى شهري و گسترش زیرساخت‌ها متناسب نبوده و مشکلاتی همچون گرانی مسکن، بیکاری و اسکان غیررسمی را به شدیدترین شکل ممکن در سیمای ظاهری شهرها به وجود آورده است [۹]. شهر بجنورد به‌عنوان مرکز اداری-سیاسی استان خراسان شمالی جایگاه ویژه‌ای در نظام سکونتگاهی شمال شرق کشور دارد و چهل‌وچهارمین شهر ایران از نظر جمعیت است. نرخ افزایش سکونتگاه‌های شهری در دشت بجنورد از ۱۷ درصد در سال ۱۳۷۷ به ۳۷ درصد در سال ۱۳۹۲ رسیده [۱۱] که تخریب سطح وسیعی از کاربری‌های کشاورزی و باغ‌های حاصلخیز دشت بجنورد را در پی داشته است [۵]. کمبود زمین مناسب برای اختصاص به کاربری‌های شهری، فقر اقتصادی و نبود بررسی دقیق و جانمایی کاربری‌های زمین شهری، سبب شده که جمعیت در عرصه‌های مخاطره‌خیز مانند سیلاب‌دشت‌ها، حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها، نواحی مجاور گسل‌های فعال و نقاط دارای سطح ایستایی بالا اسکان یابد که این مسئله همواره از دغدغه‌های متولیان امور شهری و برنامه‌ریزان شهری بوده است. (شکل ۱)



شکل ۱. نقشه گسترش فیزیکی شهر بجنورد از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۲ [۵]

بر این اساس، در زمینه مکان‌گزینی شهرها با استفاده از پارامترهای مختلف طبیعی و انسانی تحقیقات زیادی درباره بسیاری از شهرهای داخل و خارج از کشور صورت گرفته است و به‌ویژه در سال‌های اخیر به دلیل اهمیت موضوع، درک آن و ضرورت موجود، پژوهش‌های این‌چنینی روندی صعودی یافته‌اند که به برخی از آنها اشاره می‌شود. (جدول ۱)

جدول ۱. ادبیات و پیشینه تحقیق در زمینه موضوع پژوهش

عنوان تحقیق	نویسنده/نویسندگان	سال	روش	نتایج
شاخص ژئومورفولوژی پستیابی برای برنامه‌ریزی شهری [۲۵]	گارسا، آگوستین و کاساگرانده	۲۰۲۰	استفاده از زمین‌شناسی ژئوتکنیک، شاخص HI، شاخص زبری، فرایند فرسایش گالی و واحدهای ژئومورفولوژی	از شاخص‌های ژئومورفولوژی می‌توان به‌عنوان مبنایی برای تجزیه و تحلیل مرحله برنامه‌ریزی ساخت کلاسترها استفاده کرد و ابزاری مهم برای اجرای برنامه‌های عملی هستند.
طرح شهری زیست‌محیطی برای جزیره فایلاکا در کویت [۲۷]	احمد حسن، المطر، تراب و آلن	۲۰۲۰	روش‌های سنجش از دور (به‌کارگیری پهپادهای بدون سرنشین) و مطالعه میدانی و ایجاد پایگاه داده مبتنی بر GIS	مدل EAHP با استفاده از چهار عامل و سیزده معیار زیست‌محیطی و انسانی برای انتخاب مرکز ایجاد یک طرح شهری مناسب از کلرای خوبی برخوردار است.
تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهت‌های توسعه فیزیکی شهر بجنورد [۱۱]	سلمانی مقدم، زنگنه اسدی، تقوی مقدم و پوریان	۱۳۹۹	روش‌های AHP، ANP و الگوریتم‌های Fuzzy	از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۶، ۱۰/۱۱ کیلومتر مربع به وسعت شهر بجنورد افزوده شده است و مجموع ۱۶/۵ درصد دشت بجنورد در کلاس مناسب و بسیار مناسب قرار دارد که منطبق بر مناطق غربی و جنوب غربی شهر بجنورد است.
بررسی تغییرات کالبدی و توسعه شهری در فوشان چین [۲۶]	هان و جیا	۲۰۱۷	با استفاده از الگوی توسعه آن در ۲۰ سال گذشته، روند تغییرات آن را با استفاده از پارامترهای محیطی برای سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی کردند	برنامه‌ریزی بر مبنای پارامترهای محیطی، موجب حفظ ویژگی‌های زیست‌محیطی شهرها در آینده می‌شود.
بررسی نقش برنامه‌ریزی شهری در بهبود تاب‌آوری در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر بجنورد) [۵]	جعفری، سلمانی مقدم و سعیدی	۱۳۹۵	توصیفی - تحلیلی با تکیه بر منابع کتابخانه‌ای نظیر نقشه‌ها، اسناد و مطالعات میدانی با استفاده از تکنیک‌های GIS	۴۰ درصد از جمعیت ساکن در شهر بجنورد در پهنه خطر زلزله خیلی زیاد و زیاد قرار دارند که فقط ۲۰ درصد از کل مساحت شهر را به خود اختصاص می‌دهد؛ نواحی مرکزی و بافت قدیم شهر شرایط مناسبی از لحاظ تاب‌آوری ندارند.
ارزیابی میزان روایی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در تعیین پهنه‌های مناسب توسعه شهری آذرشهر [۴]	پورطاهری، پاشانزاد و احمدی	۱۳۹۵	استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه	روش تحلیل سلسله‌مراتبی با بیشترین مقادیر نسبت به دیگر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، بهترین مدل با موضوع مورد بحث در منطقه تحقیق است.
بررسی تنگناهای ژئومورفولوژیک توسعه کالبدی شهر جوانرود [۱۹]	ملکی، دهساری و رضایی	۱۳۹۴	استفاده از مدل منطق Fuzzy	توسعه شهری بیشترین تأثیر را بر عوارض ژئومورفولوژیک داشته است و محدوده شمال غربی مناسب‌ترین مکان‌ها برای توسعه آتی شهر جوانرود است.

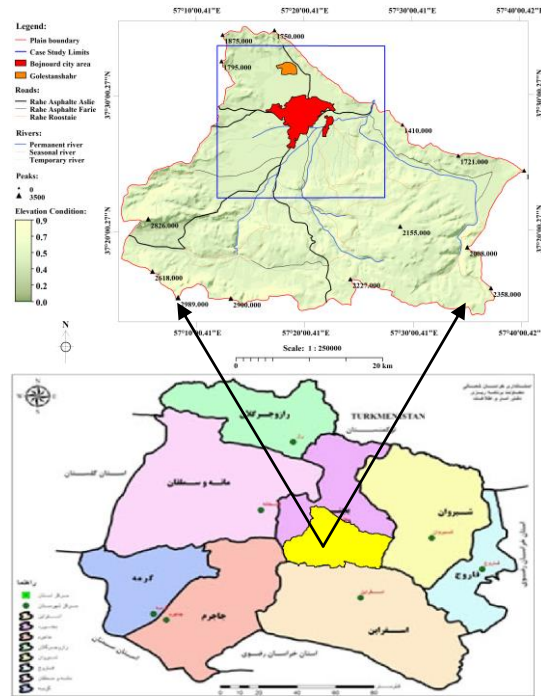
پژوهش‌های دیگری در این زمینه توسط محققانی همچون موهاپاترا و همکاران (۲۰۱۴)، دل‌مونه و همکاران (۲۰۱۶)، رینارد و همکاران (۲۰۱۷) و شکور و همکاران (۱۳۹۵) انجام گرفته که دال بر اهمیت موضوع و جایگاه آن است [۳۰، ۲۹، ۲۴، ۱۲].

با عنایت به موارد یادشده و با توجه به اینکه تاکنون تحقیقاتی در زمینه تعیین مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی و مکان‌گزینی جهت‌های مناسب توسعه شهری بجنورد از دیدگاه مخاطره‌شناسی انجام نگرفته است، اجرای پژوهشی با این موضوع در گستره شهری و پیراشهری بجنورد ضرورت می‌یابد. در این پژوهش براساس دیدگاه سیستمی - محیطی و با این تفکر که پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی شهری زمینه‌ساز شناسایی و نیز مدیریت محیط و کاهش خطرند، به ارزیابی و مکان‌گزینی فضاها و جهت‌های مناسب توسعه شهری بجنورد با نگرش ژئومورفولوژیکی و نیز مؤلفه‌های تأثیرگذار به صورت سیستمی پرداخته شده است.

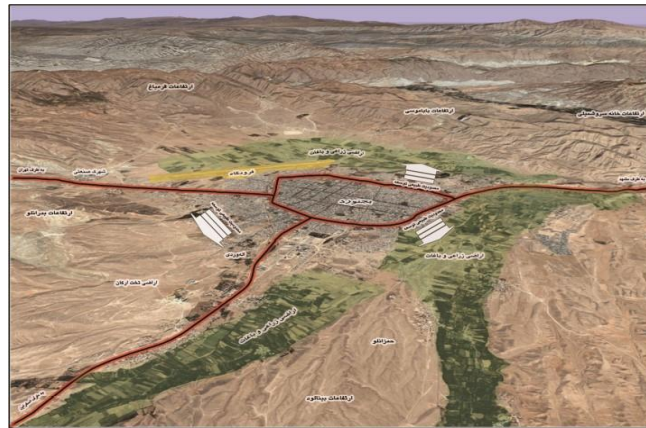
محدوده تحقیق

محدوده مطالعاتی دشت تکتونیک - آبرفتی بجنورد است که گستره شهری بجنورد و شهرک‌های پیرامون روی آن استقرار یافته‌اند. این دشت از شمال شرق به دشت گرمخان، از شمال به دشت مانه، از شرق به شهرستان شیروان، از غرب به حوضه آبخیز رودخانه بدرانلو و از جنوب به شهرستان اسفراین محدود می‌شود. (شکل‌های ۲ و ۳)

بجنورد جزء شهرهای به نسبت جدیدی است که در اثر افزایش جمعیت و تراکم شهری، مدیریت ضعیف شهری، توسعه برنامه‌ریزی نشده و رشد از هم‌گسیخته، کمبود زمین قابل استفاده برای شهروندان کم‌درآمد، ساخت‌وساز نامناسب، تمرکز دارایی‌ها و اموال اقتصادی، فرسایش اکوسیستم و شرایط توپوگرافی، زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی به‌ویژه عبور و وجود مسیل‌های متعدد و گسل‌های شیب‌لغز معکوس چهارخوار - بابامان و دوپار - برج به ترتیب در شمال شرق و جنوب و گسل پارگی پنهان منطبق بر بستر رودخانه فیروزه در جنوب شرق گستره شهری (شکل ۹ ب)، با مسائل و مشکلات محیطی عدیده‌ای مواجه است. این شرایط ممکن است پیامدهای مخرب اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سطوح مختلف محلی و منطقه‌ای داشته باشد و این شهر را در دستیابی به توسعه پایدار با مشکلات جدی مواجه کند. در تحقیق حاضر محدوده شهری بجنورد و گلستان‌شهر (مسکن مهر) براساس نظر کارشناسان تا شعاع ۶ کیلومتر بررسی شد. رشد فیزیکی به سمت نواحی پرخطر، اسکان جمعیت، استقرار تجهیزات و تأسیسات و سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی در این مناطق، خطرپذیری محدوده شهر از مخاطرات سیل، زلزله و سطح ایستابی را افزایش داده و سبب شده که این شهر از رشد از هم‌گسیخته و جزیره‌ای برخوردار باشد. موانع ژئومورفولوژیکی از محدودیت‌های اصلی توسعه در حریم شهر بجنورد است.



شکل ۲. نقشه موقعیت گستره شهری و دشت بجنورد در استان خراسان شمالی

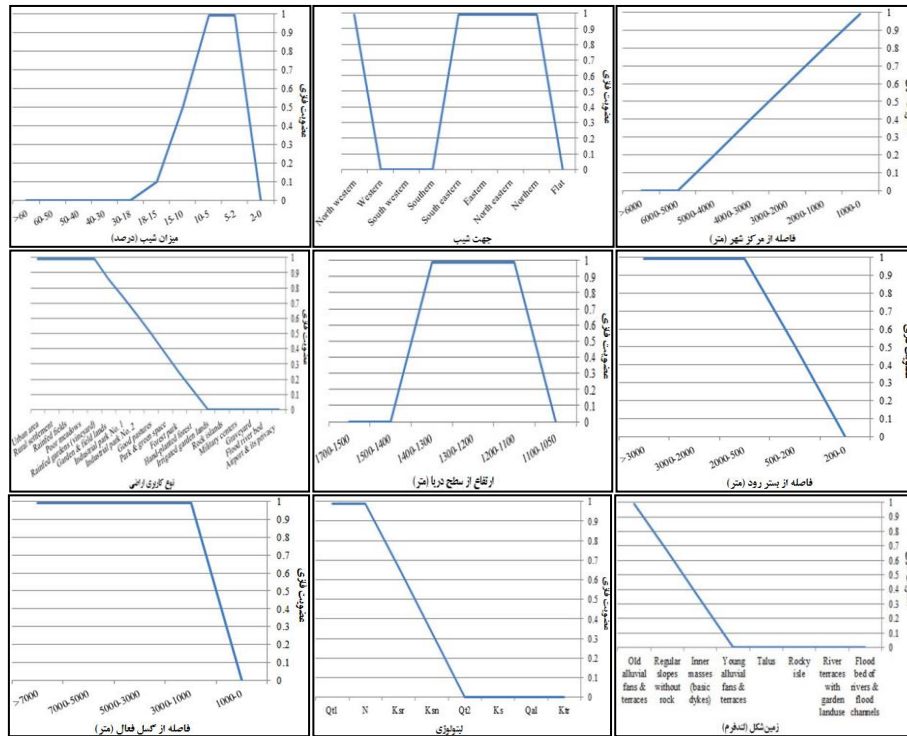


شکل ۳. محدودیت‌های طبیعی (ارتفاعات و پرتگاه‌های گسلی، اراضی کشاورزی، رودخانه‌ها و سطح بالای آب زیرزمینی) و مصنوع (فرودگاه و سکونتگاه‌های پیرامونی) توسعه شهر بجنورد

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر با دیدگاه مدیریتی و مخاطره‌شناسی و با هدف تعیین مناطق ممنوع و مکان‌گزینی مناطق مستعد توسعه شهری بجنورد انجام گرفت. بدین منظور از تحقیقات کتابخانه‌ای و نظری همراه با روش‌های خاص در محیط نرم‌افزاری و مباحث کارشناسی استفاده شد. برای انتخاب مناطق مستعد و متناسب با اهداف مورد نظر، ۹ معیار و پارامتر محیطی مؤثر شامل ژئومورفولوژی، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب دامنه، فاصله از بستر رودها و مسیل‌ها، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از گسل‌های فعال و فاصله از نقاط شهری در نظر گرفته شد.

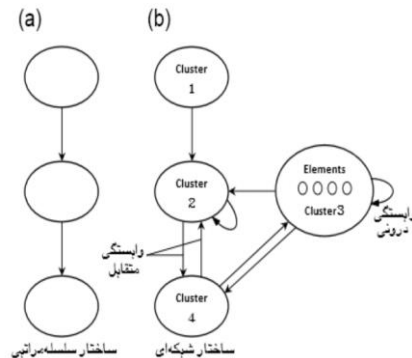
ابتدا لایه‌های اطلاعاتی تهیه شدند و سپس برای هر کدام از لایه‌ها براساس نظر کارشناسی، مناطقی که امکان توسعه شهری نداشتند یا برنامه‌ریزی در این زمینه با مشکلات و خطرهایی مواجه می‌شود، با دادن امتیاز صفر در طبقه مناطق ممنوع قرار گرفتند. در واقع با این کار همه مناطق نامناسب از پهنه‌بندی خارج و در طبقه مناطق ممنوع قرار گرفتند. پس از تعیین مناطق ممنوع، دیگر مناطق محدوده مطالعاتی که خارج از مناطق ممنوع بودند، برای اهداف توسعه شهری براساس معیارهای مورد نظر پهنه‌بندی شدند و در بین وضعیت مناسب تا بسیار نامناسب قرار گرفتند. برای تصمیم‌گیری در این زمینه از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری^۱ استفاده شد. بدین منظور از مدل‌های ANP و منطق فازی Gamma 0.5 استفاده شد. در این راستا ابتدا لایه‌های اطلاعاتی در قالب رستر طبقه‌بندی شده تهیه شدند و به صورت فازی شده و مقایسه‌پذیر درآمدند و همان‌طور که اشاره شد، براساس پژوهش‌های میدانی، نظر کارشناسی و شناخت روابط و معیارها، تابع فازی تعریف شد [۲۸] و سپس با استفاده از مدل ارزش هر کدام از طبقات در لایه‌ها محاسبه شد. سپس هر کدام از لایه‌ها در نرم‌افزار ILWIS با استفاده از دستور Map calculation در وزن به دست آمده از طریق مدل ANP ضرب شده و با استفاده از منطق فازی Gamma 0.5 لایه‌های اطلاعاتی نه‌گانه در محدوده خارج از مناطق ممنوع همپوشانی یافتند و با هم تلفیق شدند. در نهایت نقشه مناطق ممنوع و نقاط مستعد توسعه شهری در محدوده تحقیق به دست آمد که با توجه به روش‌های به کار گرفته شده و نیز اعمال متغیرهای محیطی مؤثر به صورت سیستمی و جامع در این تحقیق، مناطق قرارگرفته در طبقات مناسب، از نظر همه معیارهای موجود و تأثیرگذار، حداکثر امتیازهای لازم را دارند.



شکل ۴. نمودار تابع عضویت فازی لایه‌های اطلاعاتی

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرایند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و شکل گسترده آن است و همه ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری همزمان معیارهای کمی و کیفی و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را داراست و افزون‌بر آن می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) بین عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به‌جای ساختار سلسله‌مراتبی در نظر بگیرد. تفاوت بین ساختارهای سلسله‌مراتبی و شبکه‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. تفاوت ساختارهای سلسله‌مراتبی و ساختار شبکه‌ای

فرایند تحلیل شبکه‌ای هر موضوع و مسئله‌ای را به‌مثابه شبکه‌ای از معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها (همه اینها عناصر^۱ نامیده می‌شوند) که با یکدیگر در خوشه‌هایی جمع شده‌اند، در نظر می‌گیرد. همه عناصر در شبکه می‌توانند به هر شکل با یکدیگر ارتباط داشته باشند. به عبارت دیگر، در شبکه، بازخورد و ارتباط متقابل بین خوشه‌ها امکان‌پذیر است. بنابراین ANP را می‌توان شامل دو قسمت دانست: سلسله‌مراتب کنترلی و ارتباط شبکه‌ای. سلسله‌مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیارها و زیرمعیارها را شامل می‌شود و بر ارتباط درونی سیستم تأثیرگذار است و ارتباط شبکه‌ای وابستگی بین عناصر و خوشه‌ها را شامل می‌شود. این قابلیت ANP امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر را فراهم می‌آورد و در نتیجه نگرش دقیقی را در مسائل ارائه می‌کند. تأثیر عناصر بر عناصر دیگر در یک شبکه توسط یک سوپرماتریس در نظر گرفته می‌شود. فرایند تحلیل شبکه‌ای را در چهار مرحله زیر می‌توان خلاصه کرد:

الف) ساخت مدل و تبدیل مسئله به ساختار شبکه‌ای

مسئله باید به‌طور آشکار و روشن به سیستمی منطقی مثل شبکه تبدیل شود. این ساختار شبکه‌ای را می‌توان از طریق توفان مغزها یا هر روش مناسب دیگری چون روش دلفی یا روش گروه اسمی به‌دست آورد. در این مرحله مسئله مورد نظر به ساختاری شبکه‌ای تبدیل می‌شود که در آن گره‌ها به‌عنوان خوشه‌ها مطرح‌اند. عناصر درون یک خوشه ممکن است با یک عنصر یا همه عناصر خوشه‌های دیگر ارتباط داشته باشند و تحت تأثیر آنها بوده یا بر آنها اثرگذار باشند. این ارتباطها (وابستگی بیرونی) با پیکان (فلش) نشان داده می‌شوند. همچنین ممکن است

1. Elements

عناصر درون یک خوشه بین خودشان دارای ارتباط متقابل باشند (وابستگی درونی) که این گونه ارتباطها به وسیله یک کمان متصل به آن خوشه نشان داده می شود. (شکل ۶)

ب) تشکیل ماتریس مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت

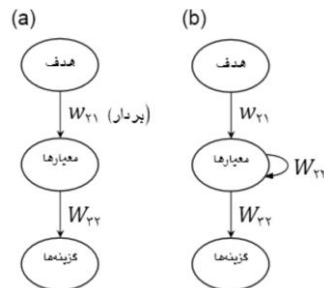
مشابه مقایسه های دودویی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، عناصر تصمیم در هر یک از خوشه ها، براساس حد اهمیت آنها در ارتباط با معیارهای کنترلی دوبه دو مقایسه می شوند. خود خوشه ها نیز براساس نقش و تأثیر آنها در دستیابی به هدف، دوبه دو مقایسه می شوند. تصمیم گیران در مورد مقایسه دودویی عناصر یا خود خوشه ها دوبه دو باید تصمیم گیری کنند. علاوه بر این، وابستگی های متقابل بین عناصر یک خوشه نیز باید دوبه دو مقایسه شوند. تأثیر هر عنصر بر عنصر دیگر از طریق بردار ویژه قابل ارائه است. اهمیت نسبی عناصر براساس مقیاس نه کمیتی ساعتی مانند AHP سنجیده می شود. در این قسمت، بردار اهمیت داخلی محاسبه می شود که نشان دهنده اهمیت نسبی (ضریب اهمیت) عناصر یا خوشه ها است که از طریق رابطه ۱ به دست می آید:

$$AW = \lambda_{\text{mac}} w \quad (1)$$

A: ماتریس مقایسه دودویی معیارها، W: بردار ویژه (ضریب اهمیت) و λ_{mac} : بزرگ ترین مقدار ویژه عددی است. برای محاسبه بردار ویژه W، ساعتی چند روش ارائه کرده است. در صورتی که قرار است محاسبات بدون استفاده از نرم افزار خاصی انجام گیرد، بهتر است از روش تقریب میانگین هندسی استفاده شود. بنابراین در این مرحله بردارهای اولویت داخلی محاسبه می شوند.

ج) تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد

برای دستیابی به اولویت های کلی در یک سیستم با تأثیرات متقابل، بردارهای اولویت داخلی (Wهای محاسبه شده) در ستون های مناسب یک ماتریس وارد می شوند. در نتیجه، یک سوپر ماتریس (در واقع یک ماتریس دسته بندی شده) که هر بخش از این ماتریس ارتباط بین دو خوشه در یک سیستم را نشان می دهد، به دست می آید. برای مثال ساختار سه سطحی هدف، معیارها و گزینه ها به شکل سلسله مراتبی و شبکه در شکل ۶ ارائه شده است.



شکل ۶. ساختار سلسله‌مراتبی و شبکه‌ای

سوپرماتریس مربوط به حالت سلسله‌مراتبی (a) را می‌توان به صورت زیر ارائه داد:

$$W_h = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & I \end{bmatrix} \end{matrix}$$

در این سوپرماتریس، W_{21} برداری است که تأثیرات هدف بر معیارها و W_{32} تأثیرات معیارها بر گزینه‌ها را نشان می‌دهند و I ماتریس واحد است. اگر معیارها دارای تأثیرات متقابل باشند، فرایند سلسله‌مراتبی به فرایند شبکه‌ای تبدیل می‌شوند. تأثیرات متقابل معیارها بر یکدیگر از طریق وارد کردن ماتریس W_{22} در سوپرماتریس W_n به صورت زیر امکان‌پذیر می‌شود:

$$W_n = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & I \end{bmatrix} \end{matrix}$$

این نوع ماتریس را سوپرماتریس اولیه می‌نامند. با جایگزینی بردار اولویت‌های داخلی (ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه‌ها در سوپر ماتریس اولیه، سوپرماتریس ناموزون به دست می‌آید. در مرحله بعد، سوپرماتریس موزون از طریق ضرب مقادیر سوپرماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای محاسبه می‌شود. سپس از طریق نرمالیزه کردن سوپرماتریس موزون، سوپرماتریس از نظر ستونی به حالت تصادفی تبدیل می‌شود. در مرحله سوم، سوپرماتریس حد با به توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون تا زمانی که از طریق تکرار واگرایی حاصل و تمامی عناصر سوپر ماتریس همانند هم شوند، محاسبه می‌شود:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} W^k$$

داده‌ها و بحث

با توجه به ماهیت پژوهش که با دید سیستمی - فضایی خود به دنبال مکان‌یابی و شناسایی جهت‌های بهینه توسعه با کمترین احتمال خطر است، در مرحله نخست، نه پارامتر محیطی مؤثر در بررسی مناطق مساعد توسعه شهری بجنورد شامل ژئومورفولوژی، شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، لیتولوژی، فاصله از غسل‌های فعال، فاصله از بستر رودها و مسیل‌ها، نوع کاربری اراضی و فاصله از مراکز شهری به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی واکاوی شدند و در مرحله بعد مناطق ممنوع براساس نوع پارامترهای موجود و اهداف تحقیق به‌عنوان مناطق با احتمال خطر زیاد مشخص شده و سپس با به‌کارگیری روش‌های ارزیابی و پهنه‌بندی، نقشه نهایی تهیه شد.

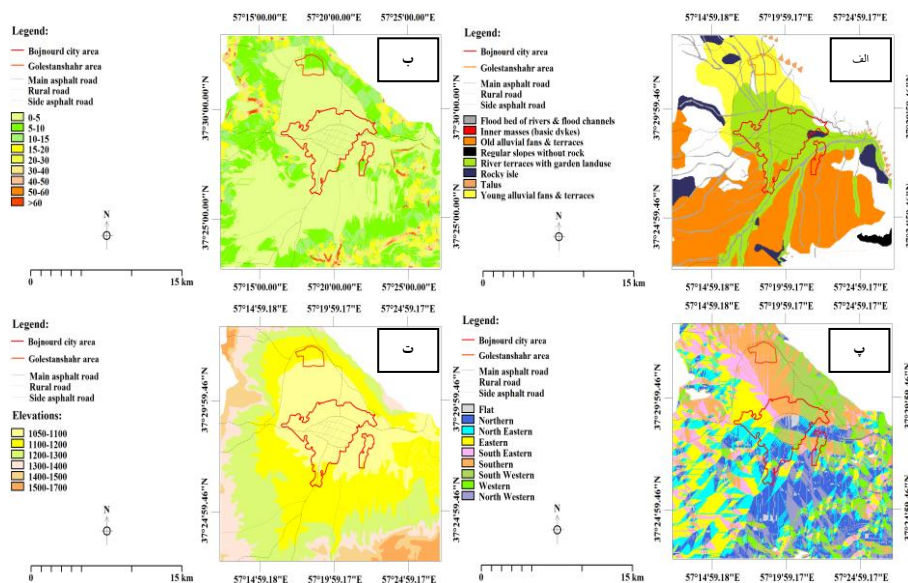
واکاوی عوامل مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد توسعه شهری در منطقه پژوهش

مجموعه پارامترهای نه‌گانه مؤثر در این پژوهش را می‌توان در کل به‌عنوان پارامترهای محیطی و به‌صورت موردی نیز در قالب پارامترهای ژئومورفولوژیک و توپوگرافیک (ژئومورفولوژی، شیب، جهت شیب، ارتفاع)، زمین‌شناسی (لیتولوژی و غسل)، پارامترهای هیدروژئومورفولوژیک (رودخانه)، و در نهایت پارامترهای انسانی (کاربری اراضی و فاصله از نقاط شهری) در نظر گرفت. با توجه به اهداف پژوهش، برای هر یک از این پارامترهای مؤثر نقشه طبقاتی و پهنه‌ای آن در سطح محدوده مطالعاتی تهیه شد تا واقعیت موجود محدوده مطالعاتی در مسیر توسعه شهری و سکونتگاهی مشخص شود.

پارامترهای ژئومورفولوژیک و توپوگرافیک (ژئومورفولوژی، شیب، جهت شیب و ارتفاع)

بررسی لندفرم‌ها نشان داد که محدوده وسیعی از منطقه تحقیق را زمین‌شکل‌های نامناسبی نظیر مسیل‌ها و بستر سیلابی رودها، پادگانه‌های رودخانه‌ای، مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان، مخروط‌های واریزه و جزایر سنگی تشکیل می‌دهند که جزء موانع توسعه شهری محسوب می‌شوند و با توجه به هدف پژوهش که مکان‌یابی مناطق مستعد برای اهداف توسعه شهری است، از ارزش و اهمیت کمتری برخوردارند. البته مخروط‌های واریزه و جزایر سنگی صرفاً برای توسعه کاربری‌های گردشگری و گذران اوقات فراغت مناسب‌اند؛ ولی برای توسعه فضاهای مسکونی فاقد ارزش‌اند. مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی قدیمی واقع در جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب شهر نظیر اراضی بالاتر از پادگان منطقه، ملکش و تخت ارکان مناسب‌ترین زمین‌شکل برای توسعه شهری بجنورد محسوب می‌شوند و از ارزش بیشتری برخوردارند (شکل ۷ الف). از سوی دیگر شیب عامل مهمی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای است. مؤلفه شیب در ارتباط با پارامترهای دیگر، زمینه‌ساز ارزیابی و برنامه‌ریزی آسان‌تر برای استفاده از سرزمین است [۱۵]. نقشه طبقات شیب محدوده تحقیق نشان داد که بخش بزرگی از مناطق شمالی و شمال شرقی محدوده شهری بجنورد شامل کلاته آروین،

کلاته محمدعلی پهلوان، کلاته شهید آذرسا، پنج‌شنبه بازار و انتهای خیابان تختی، کلاته جوادیه، کلاته کوره، کوی امام هادی و باقرخان ۳ روی مناطق پست و کم‌شیب قرار دارند. از این‌رو به دلیل سیل‌گیری، این مناطق برای اهداف توسعه شهری نامناسب و ممنوع تلقی می‌شوند (شکل ۷ ب). در کنار شیب، جهت شیب نیز از اهمیت زیادی در مکان‌گزینی برخوردار است. با توجه به قرارگیری شهر بجنورد در دشت تکتونیکي-آبرفتی با ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا با برخورداری از اقلیم نیمه‌خشک و باد غالب غربی و ملایم، جهت پشت به آفتاب تناسب بیشتری با اهداف توسعه شهری دارد و بنابراین دامنه‌های رو به شمال مانند شهرک امام خمینی، اراضی بالاتر از پادگان منطقه، منطقه ملکش، خداقلی، اللهوردیخان، حمزانلو و بالاتر از شهرک فرهنگیان از ارزش بیشتری برخوردارند (شکل ۷ پ). پارامتر ارتفاع، عامل مستقلى است که تأثیر مهمی بر عناصر اقلیمی نظیر دما، بارش و تبخیر و تعرق دارد و با توجه به ارتباط نزدیک با واحدهای ژئومورفولوژیک به صورت مستقیم می‌تواند بر استقرار سکونتگاه نیز تأثیرگذار باشد و بر این اساس، یکی از پارامترهای مؤثر در نظر گرفته شده است. نقشه طبقات ارتفاعی محدوده تحقیق نشان داد که بخش بزرگی از محدوده تحقیق که منطبق بر پیرامون محدوده شهری است، ارتفاعی کمتر از ۱۳۰۰ متر دارد (شکل ۷ ت).



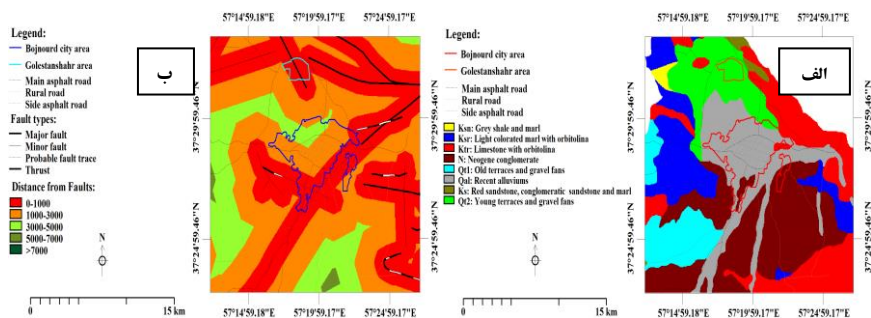
شکل ۷. نقشه پارامترهای مورفولوژیک و توپوگرافیک محدوده تحقیق: الف) ژئومورفولوژی؛ ب) شیب؛ پ) وجه شیب؛ ت) طبقات ارتفاعی محدوده تحقیق



شکل ۸. توپوگرافی پست و هموار شمال و شمال شرقی بجنورد و محدودیت توسعه سکونتگاهی آن. بازار روز شهر بجنورد با تراکم زیاد جمعیت در عکس مشاهده می‌شود.

پارامترهای زمین‌شناسی (لیتولوژی و فاصله از گسل‌های فعال)

مطابق نقشه لیتولوژی، آبرفت‌های اخیر بخش بزرگی از محدوده را در بر گرفته‌اند و با توجه به هدف پژوهش، کنگلومرای نئوژن و پادگانه‌ها، مخروط‌افکنه‌های قدیمی و دشت‌های آبرفتی مناطق مستعدی برای اهداف توسعه شهری هستند. همچنین نقشه طبقاتی تکتونیک فعال و گسلی منطقه بیانگر این است که خطوط گسلی جهت شرق (سامانه گسلی بستر رودخانه فیروزه)، شمال شرق، شمال، شمال غرب (سامانه گسلی چهارخوار-بابامان)، جنوب شرق، جنوب و جنوب غرب (سامانه گسلی دوبرابر-برج) گستره شهری بجنورد را احاطه کرده‌اند و برای اهداف توسعه شهری کاملاً نامناسب‌اند. (شکل ۹)

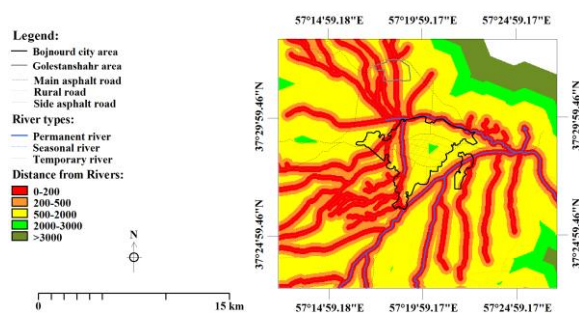


شکل ۹. نقشه پارامترهای زمین‌شناسی محدوده تحقیق: الف) لیتولوژی؛ ب) فاصله از گسل‌های فعال.

پارامتر هیدروژئومورفولوژیکی (رودها)

رودها و جریان‌های سطحی که تغییرات حاصل از آنها وابسته به انرژی آب و تکامل خاک است

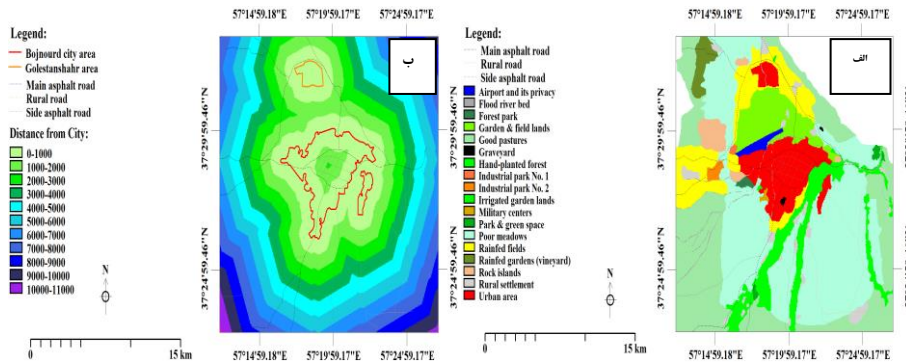
[۱۷]، از مهم‌ترین عوامل هیدروژئومورفولوژیکی مؤثر در جذب جمعیت و توسعه شهری هستند. در نظام برنامه‌ریزی و مکان‌گزینی جهت‌های توسعه شهری، رعایت حریم رودها از مهم‌ترین عواملی است که باید لحاظ شود. در این تحقیق با عنایت به دیدگاه مخاطره‌شناسی موجود در سازوکار جریان‌های سطحی و از طرفی گرایش مردم به توسعه در این واحد ژئومورفولوژیکی، براساس شناخت از منطقه و نیز دوره‌های بازگشت موجود، حریم ۲۰۰ متری در نظر گرفته شد و سپس مناطق حاشیه رودخانه برحسب فاصله از رودخانه طبقه‌بندی شدند. (شکل ۱۰)



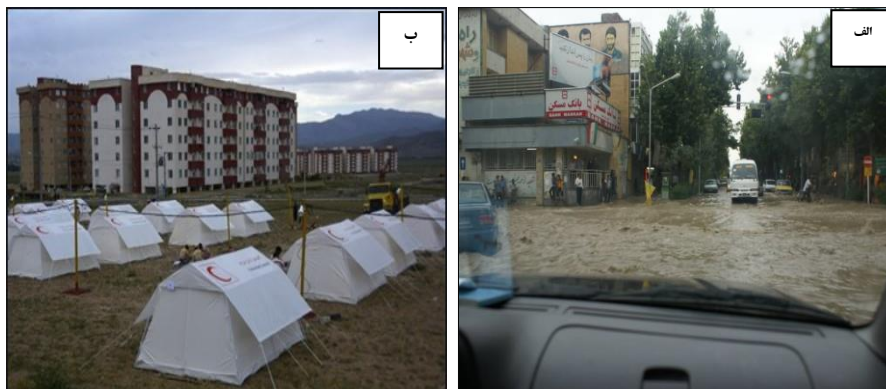
شکل ۱۰. نقشه طبقاتی فاصله از رودخانه در محدوده تحقیق

پارامترهای انسانی (نوع کاربری اراضی و فاصله از نقاط شهری)

در کنار پارامترهای طبیعی مانند شاخص‌های ژئومورفولوژی، توپوگرافی، زمین‌شناسی و هیدروژئومورفولوژی، پارامترهای انسانی نیز از اهمیت ویژه‌ای در ارزیابی و تحلیل‌های محیطی برخوردارند. بر این اساس پارامترهای انسانی شامل نوع کاربری اراضی و فاصله از نقاط شهری و جمعیتی نیز در مکان‌گزینی جهت‌های مناسب توسعه شهری بجنورد در نظر گرفته شدند. با توجه به اینکه گسترش شهری و تغییرات الگوهای کاربری زمین سبب تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود، در برنامه‌ریزی‌های شهری نوع کاربری اراضی، از عوامل مؤثر در برنامه‌ریزی محسوب می‌شود و برنامه‌ریزی‌ها باید منطبق بر نوع کاربری اراضی انجام گیرد. عامل انسانی دیگر، فاصله از نقاط شهری است. با توجه به نقش و اهمیت عامل دسترسی در مکان‌گزینی‌ها، بهترین مکان‌ها برای توسعه سکونتگاه‌ها، مناطقی‌اند که افزون بر سایر شرایط به محدوده کنونی شهرها نزدیک باشند (شکل ۱۱). این موضوع مانع توسعه منفصل، بدقوارگی شهرها و هزینه‌کرد زیاد توسط دولت‌ها می‌شود. به منظور نشان دادن وضعیت فاصله محدوده تحقیق از محدوده شهری، این محدوده به یازده طبقه تقسیم شد. مناطق نزدیک به محدوده شهری با توجه به موارد یادشده امتیاز بیشتری می‌گیرند.



شکل ۱۱. نقشه طبقاتی پارامترهای انسانی در محدوده تحقیق: الف) نوع کاربری اراضی؛ ب) فاصله از نقاط شهری.



شکل ۱۲. الف) سیلاب شهری اردیبهشت ۱۳۹۸ در چهارراه مخابرات بجنورد. رشد شهرنشینی، توپوگرافی و زمین‌شناسی شهر کاهش زمان تأخیر سیلاب و آب‌گرفتگی در محدوده خیابان طالقانی و معابر شمالی آن را در پی دارد؛ ب) شهرک گلستان در مجاورت سامانه گسلی چهارخوار - بابامان.

اعمال مناطق ممنوع

به‌منظور پهنه‌بندی و مکان‌گزینی مناطق مستعد توسعه شهری، پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، فازی‌سازی لایه‌ها و اعمال مناطق ممنوع صورت گرفت. با توجه به اینکه هدف پژوهش حاضر، تعیین مناطق ممنوع و اعمال این مناطق در مکان‌گزینی توسعه شهری است، با دادن امتیاز صفر به طبقات ممنوع عمل فازی‌سازی صورت گرفت. مناطق خطرآفرین در نقاط مختلف ممکن است متفاوت باشد؛ در واقع با توجه به وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه و دیگر شرایط حاکم می‌توان

تعیین مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی در شهر بجنورد به منظور مکان‌گزینی جهت‌های مناسب ... ۴۱۷

مناطق ممنوع را مشخص کرد. در این تحقیق با توجه به منابع استفاده‌شده، وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه و نظر کارشناسان مربوط، مناطق ممنوع مشخص شده است (جدول ۲).

جدول ۲. موانع توسعه شهری بجنورد با تأکید بر مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی و توجه به شرایط منطقه تحقیق

ردیف	معیار	مناطق ممنوع	منابع استفاده‌شده
۱	ژئومورفولوژی	بستر سیلابی رودها و مسیل‌ها، مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان، مخروط‌های واریزه، جزایر سنگی، پادگانه‌های رودخانه‌ای	چورلی و همکاران [۶] و بررسی میدانی پژوهشگر
۲	شیب	شیب ۲٪-۱۰٪ و بیش از ۱۸٪	عابدینی و همکاران [۱۳] و بررسی میدانی پژوهشگر
۳	وجه شیب	جهت‌های رو به جنوب، جنوب غرب و غرب	بررسی میدانی پژوهشگر
۴	ارتفاع	ارتفاع بیشتر از ۱۵۰۰ متر	رضایی مقدم و خیری‌زاده آروق [۷] و بررسی میدانی پژوهشگر
۵	کاربری اراضی	بستر سیلابی رودها، مراکز نظامی، آرامستان‌ها، فرودگاه بجنورد	میرکتولی و همکاران [۲۰] و بررسی میدانی محقق
۶	فاصله از غسل	حریم ۱۰۰۰ متری	قدیری معصوم و همکاران [۱۴]
۷	فاصله از رود	حریم ۲۰۰ متری	اسفندیاری [۱]
۸	لیتولوژی	سنگ‌آهک اوریتولین‌دار، ماسه‌سنگ قرمز، ماسه‌سنگ کنگلومرایی و مارن و رسوبات اخیر	مقیعی [۱۶]، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور [۲۲] و بررسی میدانی پژوهشگر
۹	فاصله از شهر	فاصله ۶ کیلومتری و بیشتر از آن	بررسی میدانی پژوهشگر

بر اساس جدول ۲، در معیار ژئومورفولوژی، بستر سیلابی رودها و مسیل‌ها، قاعده مخروط افکنه‌های جوان، مخروط‌های واریزه، جزایر سنگی و پادگانه‌های رودخانه‌ای، در معیار شیب، بخش عمده‌ای از مناطق شمالی، شمال شرقی و غربی محدوده با شیب کمتر از ۲ درصد و بیشتر از ۱۸ درصد، در معیار وجه شیب جهت‌های رو به جنوب، جنوب غرب و غرب و در معیار ارتفاع از سطح دریا، نقاط با ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ و بیشتر از ۱۵۰۰ متر در شمال غرب و جنوب شرق محدوده تحقیق، در مناطق ممنوع قرار دارند. در معیار نوع کاربری اراضی، مسیل‌های دوبرار، پسته، ملکش و فیروزه، مراکز نظامی، آرامستان‌ها و فرودگاه بجنورد و حریم امنیتی آن، در معیارهای فاصله از غسل‌های فعال و رود به ترتیب حریم‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰ متری و در معیار لیتولوژی نیز سنگ‌آهک اوریتولین‌دار به دلیل برخورداری از مقاومت، درز و شکاف و انحلال‌پذیری، ماسه‌سنگ قرمز به دلیل برخورداری از سیمان تبخیری و انحلال‌پذیر، ماسه‌سنگ کنگلومرایی به دلیل سیمان رسی-گچی با مقاومت اندک، مارن و رسوبات اخیر به دلایلی چون قابلیت انحلال زیاد و ناپیوستگی رسوبات آواری جزء مناطق ممنوع‌اند. پس از مشخص کردن مناطق ممنوع، این مناطق روی نقشه نهایی اعمال شده‌اند. هدف از اعمال مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی این است

که مناطق مذکور در پهنه‌بندی در طبقات نامناسب قرار گیرند و مکان‌گزینی توسعه شهری بجنورد خارج از این مناطق صورت گیرد. با این روند، در واقع زمینه احتمال خطر که در نواحی نامناسب و با دخالت عوامل انسانی به‌ویژه مسائل توسعه شهری بسیار فزونی می‌یابد، خیلی کم می‌شود و بر مبنای اعمال مناطق ممنوع، زمینه مدیریت آسان مخاطرات فراهم می‌آید.

فازی‌سازی و وزن‌دهی به لایه‌ها

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، مناطق ممنوع در هنگام فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی اعمال شد و سپس با استفاده از مدل ANP به منظور جلوگیری از محدود کردن مناطق توسط لایه‌ای که اهمیت کمتری در مکان‌یابی نسبت به بقیه دارد، وزن نهایی هر کدام از لایه‌ها در نرم‌افزار Super Decisions به دست آمد (شکل ۱۴). با توجه به اینکه وزن‌دهی معیارها از مهم‌ترین مراحل تصمیم‌گیری است، سعی شد در تعیین وزن هر یک از معیارها دقت بیشتری شود تا نتایج هر چه بیشتر با واقعیت همگام و از صحت و دقت بیشتری برخوردار باشد. در این پژوهش گذشته از تکیه به تحقیقات پیشین و اعمال نظر شخصی، سعی شد با سازگاری با شرایط محلی و بومی، نظر کارشناسی و استفاده از پرسشنامه، اهمیت معیارهای دخیل مشخص شود. از این‌رو وزن‌دهی به معیارها با استفاده از نظرهای کارشناسی با توجه به مقیاس ۵ نقطه‌ای انجام گرفت. برای این کار، پس از تشکیل ساختار شبکه‌ای و با توجه به رابطه درونی و بیرونی معیارها، از ماتریس مقایسه‌ای شامل ۵ سطر و ۵ ستون برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیرمعیارها استفاده شد. برای تعیین اهمیت نسبی اطلاعات، ابتدا هر کدام از لایه‌ها بر اساس نظر کارشناسی وزن‌دهی شد. سپس ارزش هر لایه مشخص و از حاصل ضرب وزن‌دهی کارشناسی و ارزش لایه‌ها، ارزش وزن‌دهی شده حاصل شد. در نهایت از حاصل جمع همه ارزش‌های وزن‌دهی شده، ارزش نهایی به دست آمد. پس از تعیین اهمیت نسبی اطلاعات یا همان وزن‌دهی، روی لایه‌های نقشه‌ای، عملیات تلفیق لایه‌ها در نرم‌افزار ILWIS 3.3 انجام پذیرفت.

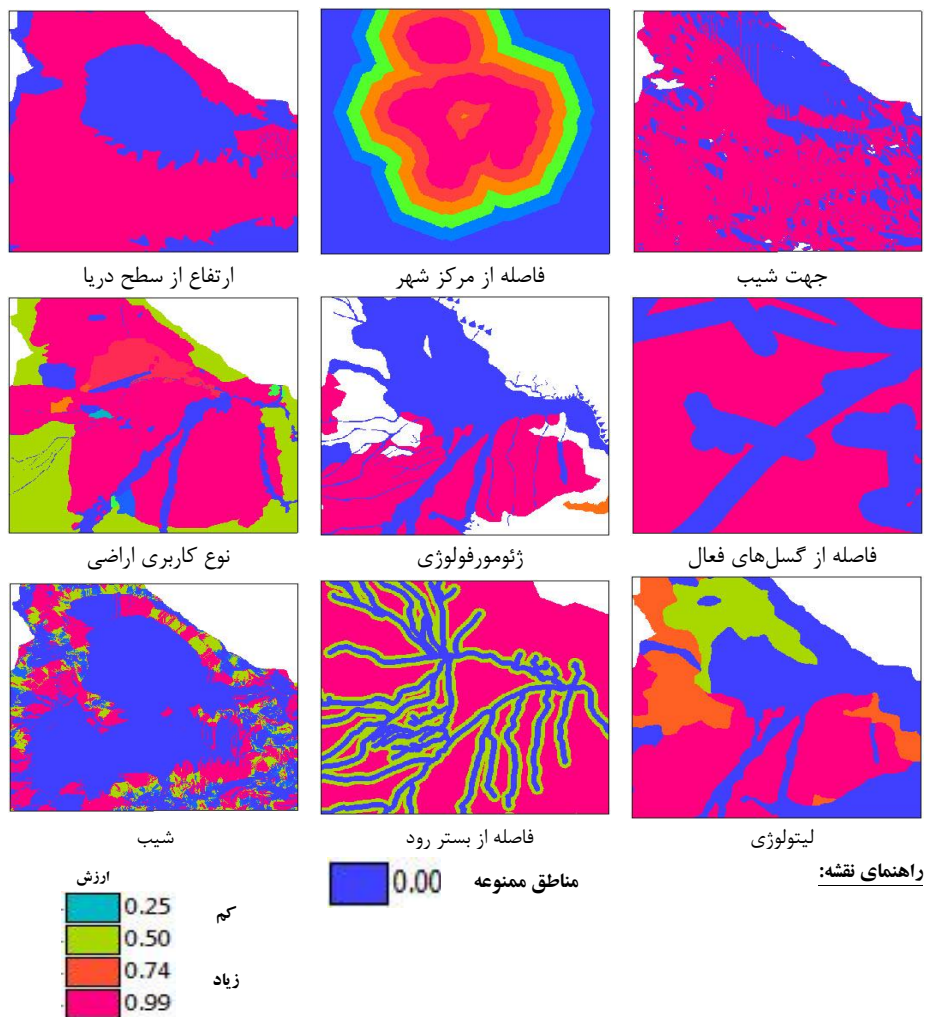
تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و اعمال مناطق ممنوع

پس از فازی‌سازی و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی و همچنین اعمال مناطق ممنوع در محدوده تحقیق، عملگرهای فازی اجتماع (Sum) و اشتراک (Product) در Command line نرم‌افزار Ilwis 3.3 درج شد و نقشه‌های مربوط به هر یک در محیط GIS به دست آمد. پس از دستیابی به نقشه‌های حاصل از عملگرهای فازی اجتماع و اشتراک، عملگر فازی گامی ۰/۵ که حالت بینابین فازی اجتماع و اشتراک است و به هر دو امتیاز مساوی می‌دهد به صورت تلفیقی به دست آمد. در منطق فازی برای تعدیل حساسیت خیلی زیاد عملگر فازی اشتراک و همچنین حساسیت خیلی کم فازی اجتماع، از

عملگر فازی گامای ۰/۵ استفاده می‌شود که از دقت زیادی برخوردار است. عملگر فازی 0.5 Gamma بعد از دستیابی به نقشه‌های حاصل از فازی اجتماع (U) و اشتراک (∩) از طریق رابطه ۲ به دست آمد:

$$\text{Gamma fuzzy} = (Fu S^{0.5}) \times (Fu P^{0.5}) \quad (2)$$

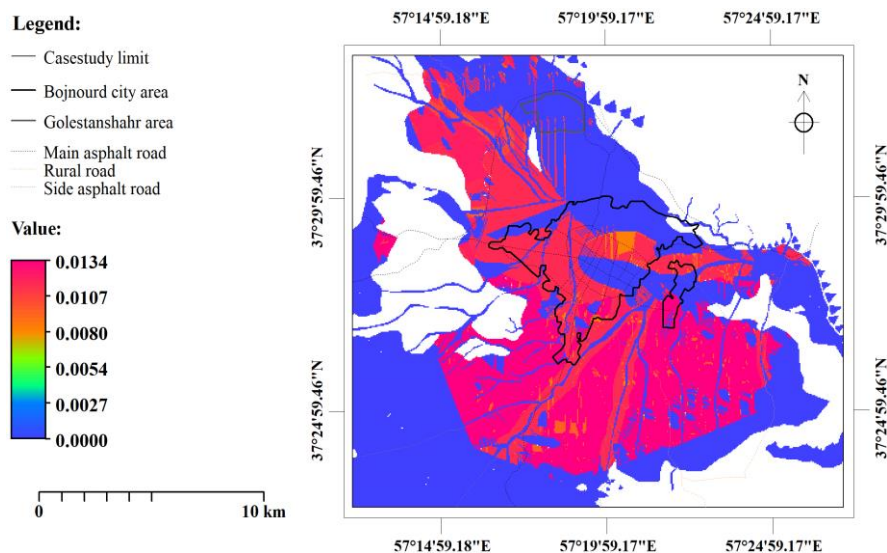
بر این اساس، مناطق مساعد برای اهداف توسعه شهری با نگاه سیستمی و براساس گامای ۰/۵ استخراج شد (شکل ۱۵).



شکل ۱۳. فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی

3. Results	
ارتفاع از سطح دریا	0.10417
جهت شب	0.00071
فاصله از بستر رود	0.19647
فاصله از مرکز شهر	0.00970
فاصله از کسهای فعال	0.07120
لینولوژی	0.02845
میزان شب	0.21083
نوع کاربری اراضی	0.12117
ژئومورفولوژی	0.25717

شکل ۱۴. نمودار ستونی وزن نهایی لایه‌های اطلاعاتی براساس مدل ANP



شکل ۱۵. نقشه مناطق ممنوع و مستعد توسعه سکونتگاهی در محدوده تحقیق

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف مکان‌گزینی جهت‌های مناسب توسعه سکونتگاهی و شهری در محدوده مطالعاتی شهر بجنورد، به شناسایی پهنه‌های مناسب توسعه مبتنی بر اعمال مناطق ممنوع با نگرش سیستمی و در نظرگیری بیشترین متغیرهای محیطی پرداخت. در مرحله نخست نه مؤلفه محیطی شامل پارامترهای مؤثر ژئومورفولوژیک، توپوگرافیک، زمین‌شناسی، هیدروژئومورفولوژیک و انسانی در سطح محدوده مطالعاتی شناسایی شدند. پس از ارزیابی

پارامترهای نه‌گانه محیطی و شرایط موجود آنها، مشخص شد که از منظر ژئومورفولوژیکی بخش مرکزی محدوده تحقیق متشکل از پادگانه‌های رودخانه‌ای است که با توجه به ویژگی ژنتیکی لندفرم مزبور که محصول رسوبگذاری رودها در اثر سیلاب‌های کاتاستروف گذشته است، تعیین جهت‌های توسعه به سمت پیرامون و نقاط ایمن را ضروری می‌سازد. لیتولوژی محدوده نقشه از سازندهای مختلفی تشکیل شده و از این نظر مکان‌گزینی شهری در پهنه‌های مختلف شهری تفاوت دارد؛ همچنین سامانه‌های گسلی در قسمت‌های شمال شرقی و شمالی (گسل چهار خروار-بابامان)، شرقی (گسل پارگی و پنهان منطبق بر بستر رودخانه فیروزه)، جنوب شرقی و جنوب (گسل دوبرار-برج) محدوده قرار دارند که گسترش شهر در این جهت‌ها را به شدت محدود می‌کنند. از منظر پارامترهای میزان شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به جز مناطق پست و هموار شمال شرقی و شمالی و توده‌های کوهستانی شمال غرب (آخرداغ)، جنوب غرب و جنوب محدوده (ارتفاعات بدرانلو و آلاداغ) با ارتفاع بیش از ۱۵۰۰ متر و شیب بیش از ۳۰ درصد، در بقیه قسمت‌های نقشه محدودیت خاصی از این نظر دیده نمی‌شود. جریان‌های سطحی موجود نیز اغلب از توده‌های کوهستانی جنوب، جنوب غرب، شمال غرب و شمال شهر بجنورد سرچشمه گرفته‌اند و با شیب توپوگرافی به سمت شمال شرق و شرق، منطقه را زهکشی می‌کنند و بنابراین در زمینه مخاطراتی مانند سیلاب‌های شهری و نیز آب‌گرفتگی معابر و از طرف دیگر بابت سست بودن رسوبات، فواصل و حریم‌های ممنوع باید در نظر گرفته شوند. با توجه به بررسی متغیرهای محیطی و اعمال مناطق ممنوع می‌توان نتیجه گرفت که مناطق مناسب اغلب در فواصل نزدیک به محدوده شهری نظیر اراضی تخت ارکان و امتداد شرقی آن، روی مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های قدیمی، شیب‌های به نسبت کم، جهت‌های رو به شمال و شمال شرق، با رعایت فاصله مناسب از حریم رودخانه‌ها و دور از حریم خطوط گسلی قرار دارند و در مناطق ممنوع در نقشه نهایی، هرگونه برنامه‌ریزی با افزایش خطر و خسارات جانی و مالی مواجه خواهد بود. نقشه نهایی مؤید این است که در قسمت‌های شرقی، شمال شرقی، شمال و شمال غربی شهر بجنورد زمینه مناسب برای توسعه شهری وجود ندارد و باید به کاربری‌های کم‌تراکم انسانی اختصاص یابد؛ اما در نواحی جنوبی، جنوب غربی و جنوب شرقی به جز چند محدوده خطی که رودخانه در آنها جریان دارد و اغلب منطبق بر خط گسل هستند، شرایط محیطی برای گسترش و توسعه‌های آتی شهری و پیراشهری فراهم است.

نتیجه نهایی پژوهش بیانگر آن است که مجموع مساحت و محدوده پژوهش حاضر ۳۶۸/۱ کیلومتر مربع است که ۵۷/۷ کیلومتر مربع معادل ۲۱/۲۴ درصد از آن در محدوده ممنوع قرار گرفته و از نظر پارامترهای ژئومورفولوژیکی، نئوتکتونیک، لیتولوژیکی، توپوگرافیکی

هیدروژنومورفولوژیکی، نوع کاربری اراضی و ... به نوعی در معرض خطر است. این محدوده، اغلب منطبق بر بخش شرقی، شمالی و شمال شرقی پهنه مطالعاتی یعنی بستر و حریم بستر رود فیروزه و محل تلاقی مسیل‌های حلقه‌سنگ، ملکش، پسته، دوبرار، آق‌قلعه، قشلاق، لنگر، باغچق و علی‌آباد است (شکل ۱۵). با هدف توسعه شهری و پیراشهری و به صورت کلی سکونتگاهی، اراضی بخش مرکزی (پادگان ارتش قدیم)، جنوب غربی (محدوده پلیس راه قدیم)، جنوبی (بالادست حصار شیرعلی، پادگان منطقه، ملکش، حلقه‌سنگ و تخت ارکان) و جنوب شرقی (حمزانلو، کلاته یآوری و بالادست شهرک فرهنگیان) پهنه مطالعاتی، فضا و اراضی بسیار مناسب برای توسعه مدنظر بجنورد هستند که $58/3$ کیلومتر مربع معادل $15/84$ درصد از کل محدوده را به خود اختصاص می‌دهند و با توجه به اینکه مساحت کنونی شهر بجنورد و شهرک‌های پیرامونی آن حدود $33/1$ کیلومتر مربع است، می‌توان نتیجه گرفت که این شهر فضای پهنه توسعه را برای چند سال آینده مبتنی بر حرکت در مسیر کم‌خطر در اختیار دارد (شکل ۱۵). بارزترین ویژگی این پژوهش، تشخیص اولیه مناطق ممنوع توسعه شهری و پیراشهری منطبق بر نگاه سیستمی و ارزیابی همه پارامترهای مؤثر است، به گونه‌ای که فرایند پهنه‌بندی را در مراحل بعدی سهولت می‌بخشد؛ زیرا ممکن است یک محدوده از نظر بیشتر پارامترهای مورد بحث قابل قبول باشد، اما از نظر یک عامل در تنگنا قرار داشته باشد که در این حالت نتایج پهنه‌بندی را با مشکل مواجه می‌کند؛ بنابراین می‌توان گفت پژوهش حاضر، مبتنی بر اعمال مناطق ممنوع و نگرش سیستمی آن زمینه مدیریت کارای فضایی توسعه‌های شهری و پیراشهری است.

منابع

- [۱]. اسفندیاری، مهدیه (۱۳۹۲). «بررسی نقش عوامل ژئومورفولوژیک بر توسعه فیزیکی شهر اراک به منظور تدوین مدل داده مفهومی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- [۲]. اسمیت، کیت (۱۳۸۲). *مخاطرات محیطی*، ترجمه ابراهیم مقیمی و شاپور گودرزی‌نژاد، تهران: سمت.
- [۳]. امانپور، سعید؛ عزیزاده، هادی؛ و قراری، حسن (۱۳۹۲). «تحلیلی بر مکان‌یابی جهت‌های بهینه توسعه فیزیکی شهر اردبیل با استفاده از مدل AHP»، *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، دوره ۳، شماره ۱۰، ص ۸۳-۹۷.
- [۴]. پورطاهری، مهدی؛ پاشانژاد، احسان؛ و احمدی، حسن (۱۳۹۵). «ارزیابی میزان روایی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در تعیین پهنه‌های مناسب توسعه شهری (مطالعه موردی: شهرستان آذرشهر)»، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، دوره ۲۰، شماره ۱، ص ۱-۲۰.
- [۵]. جعفری، تیمور؛ سلمانی مقدم، محمد؛ و سعیدی برجی، معصومه (۱۳۹۵). «بررسی نقش برنامه‌ریزی شهری در بهبود تاب‌آوری در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر بجنورد)، مجموعه مقالات سومین کنفرانس جامع مدیریت بحران و HSE.
- [۶]. چورلی، ریچارد جی.؛ شوم؛ استانلی ای.؛ و سون، دیوید ای. (۱۳۷۹). *ژئومورفولوژی (جلد سوم) (فرایندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی)*، ترجمه احمد معتمد، تهران: سمت.
- [۷]. رضایی مقدم، محمدحسین؛ و خیری‌زاده آروق، منصور (۱۳۹۳). «شبیه‌سازی فضایی، مخاطرات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر ملکان»، *مدیریت مخاطرات محیطی*، دوره ۱، شماره ۱، ص ۲۴-۵.
- [۸]. روستایی، شهرام؛ و جباری، ایرج (۱۳۹۱). *ژئومورفولوژی مناطق شهری*، چاپ چهارم، تهران: سمت.
- [۹]. زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۴). *برنامه‌ریزی شهرهای جدید*، چاپ ششم، تهران: سمت.
- [۱۰]. سالاری، ممند؛ نیری، هادی؛ امانی، خبات؛ و گنجائیان، حمید (۱۳۹۶). «مکان‌گزینی جهات مناسب توسعه شهری کامیاران با رویکرد مخاطره‌شناسی مبتنی بر اعمال مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی»، *مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)*، دوره ۴، شماره ۴، ص ۴۱۹-۴۳۶.

- [۱۱]. سلمانی مقدم، محمد؛ زنگنه اسدی، محمدعلی؛ تقوی مقدم، ابراهیم؛ و پوریان، زهرا (۱۳۹۹). «تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از روش‌های AHP، ANP و الگوریتم‌های فازی»، *جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای*، سال دهم، شماره ۳۴، ص ۱۷۰-۱۴۷.
- [۱۲]. شکور، علی؛ شمس‌الدینی، علی؛ و توکلی، لیلا (۱۳۹۵). «نقش عوامل ژئومورفولوژیک در توسعه فیزیکی شهرها با استفاده از نرم‌افزار GIS (مطالعه موردی: بخش میمند استان فارس)، *جغرافیای طبیعی*، دوره ۹، شماره ۲.
- [۱۳]. عابدینی، موسی؛ میرزاخانی، بهاره؛ و عسگری، آتنا (۱۳۹۴). «پهنه‌بندی ژئومورفولوژیکی تناسب زمین در شهرستان اراک با استفاده از مدل منطق فازی (با رویکرد توسعه آتی شهر اراک)»، *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، سال پنجم، شماره ۱۸.
- [۱۴]. قدیری معصوم، مجتبی؛ جعفری‌بیگللو، منصور؛ موسوی روزان، سیدمحمد؛ و بخشی، زهرا (۱۳۹۲). «نقش عوامل طبیعی در پراکنش سکونتگاه‌های روستایی شهرستان تربت جام»، *اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، دوره ۲، شماره ۴، ص ۵۴-۳۳.
- [۱۵]. مخدوم، مجید (۱۳۸۴). *شالوده آمایش سرزمین*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۶]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۱). *ژئومورفولوژی شهری*، چاپ پنجم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۷]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۱). *فلسفه تغییرات محیط (بر مبنای معرفت‌شناسی معنوی)*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۸]. مقیمی ابراهیم (۱۳۹۹)، ژئومورفولوژی و توسعه پایدار شهری در استان خراسان شمالی، *وبینار، سخنرانی، دانشگاه کوثر و بنیاد نخبگان استان خراسان شمالی*، ۱۳۹۹/۹/۲۶.
- [۱۹]. ملکی، امجد؛ دهساری، مهین؛ و رضایی، پیمان (۱۳۹۴). «تنگناهای ژئومورفولوژیک توسعه کالبدی شهر جوانرود با استفاده از مدل Fuzzy logic»، *مدرس علوم انسانی (برنامه‌ریزی و آمایش فضا)*، دوره ۱۹، شماره ۴، ص ۱۸۳-۱۵۹.
- [۲۰]. میرکتولی، جعفر؛ و حسینی، سید محمدحسن (۱۳۹۲). «ارزیابی تناسب اراضی میان‌بافتی شهر گرگان برای توسعه میان‌افزا با استفاده ترکیبی از GIS و AHP»، *مطالعات شهری*، شماره ۹، ص ۸۰-۶۹.
- [۲۱]. نظریان، اصغر (۱۳۸۹). *پویایی نظام شهری ایران*، چاپ دوم، تهران: مبتکران.

[۲۲]. وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ بجنورد.

- [23]. Chunyan, J.; Yonggang, J.; Hongxian, S.; Changwei, T.; Fanghui, J.; & Zhongnian, Y. (2011). "Coastal Urban Road Geo-Disaster Monitoring Problems of Laoshan District", *Procedia Engineering*, V. 21, pp: 368-375.
- [24]. Del Monte, M.; D'Orefice, M.; Luberti, G.M.; Marini, R.; Pica, A.; & Vergari, F. (2016). "Geomorphological Classification of Urban Landscapes: the case study of Rome (Italy)", *Journal of Maps*, V. 12, pp: 178-189.
- [25]. Garcia, P.M.B.; Augustin, C.H.R.R.; & Casagrande, P.B. (2020). "Geomorphological Index as Support to Urban Planning", *Mercator*, Fortaleza, V. 19, e19003, ISSN: 1984-2201, pp: 1-24.
- [26]. Han, H.; & Jia, H. (2017). "Simulating the spatial dynamics of urban growth with an integrated modelling approach: A case study of Foshan, China", *Ecological Modelling*, V. 23, pp: 107-116.
- [27]. Hassan, A.; Almatar, M. G.; Torab, M.; & Allen, C.D. (2020). "Environmental Urban Plan for Failaka Island, Kuwait: A Study in Urban Geomorphology", *Sustainability*, 12, 7125, pp: 1-21.
- [28]. Malczewski, J. (2006). "Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, V. 8 (4), pp: 270-277.
- [29]. Mohapatra, S.N.; Pani, P.; & Sharma, M. (2014). "Rapid Urban Expansion and its Implications on Geomorphology: A Remote Sensing and GIS Based study", *Geography Journal, Hindawi*, Article ID 361459, pp: 1-10.
- [30]. Reynard, E.; Pica, A.; & Coratza, P. (2017). "Urban Geomorphological Heritage. An Overview", *Quaestiones Geographicae*, V. 36 (3), pp: 7-20.