

تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از روش‌های ANP و AHP و الگوریتم‌های فازی

محمد سلمانی مقدم (استادیار برنامه‌ریزی شهری دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری)

محمدعلی زنگنه اسدی (دانشیار ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا و علوم محیطی دانشگاه حکیم سبزواری)

ابراهیم تقوی مقدم* (دکتری ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا و علوم محیطی دانشگاه حکیم سبزواری)

زهرا پوریان (کارشناسی ارشد شهرسازی دانشگاه پیام‌نور مشهد)

چکیده

افزایش روزافزون جمعیت شهرنشین، تبدیل روستاهای بزرگ به شهر و پذیرفتن نقش مرکزیت اداری یک روستا-شهر، باعث رشد ازهم گسیخته کالبد شهری می‌شود. ناپهنجاری در ساختار فضایی شهر باعث چالش‌ها و مشکلات عدیده‌ای در نظام برنامه‌ریزی شهری و مدیریت مخاطرات شهری می‌شود. عوامل ژئومورفولوژیکی، مهم‌ترین و اثرگذارترین پارامترهای مؤثر در پیدایش، استقرار و توسعه یک شهر هستند. هدف از این پژوهش، تحلیل عوامل مؤثر در توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و منطق فازی است. در این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده و اطلاعات حاصل از آن در ژئودیتابیس (GIS) ساماندهی شد؛ سپس ۱۵ شاخص مهم و اساسی در ۴ گروه اصلی ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، کاربری و محیطی، دسترسی، تعیین و لایه‌های اطلاعاتی آن‌ها ساخته شد. در راستای هدف تحقیق، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، روش تحلیل شبکه (ANP) و منطق فازی استفاده و پهنه‌های مناسب توسعه فیزیکی شهر بجنورد معرفی شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی نرخ رشد جمعیت شهری نشان‌دهنده افزایش وسعت شهر و تغییر کاربری‌هاست. مطابق با بررسی‌های انجام‌شده، مساحت محدوده شهری در سال ۱۹۹۹، ۲۸/۳۶ کیلومتر مربع بوده‌است که این میزان در سال ۲۰۱۶ به ۳۸/۳۸ کیلومتر مربع رسیده‌است که حاکی از آن است که ۱۰/۱۱ کیلومتر مربع به وسعت شهر افزوده شده‌است. ۵/۳ درصد از محدوده‌های افزایش یافته در کلاس کاربری باغی، ۴/۰۵ در کلاس اراضی کشاورزی، ۷/۵ در کلاس مراتع درجه ۱، ۱۷/۸۹ درصد در کلاس درجه ۲ و ۶۵/۰۹ درصد در محدوده‌های بایر اطراف شهر و روستاها واقع شده‌اند. نتایج تحقیق حاصل از سه روش نشان می‌دهد، به ترتیب ۵/۱ و ۸۱/۵ کیلومتر مربع از دشت بجنورد در کلاس مناسب و بسیار مناسب قرار دارند که جمعاً ۱۶/۵ درصد از دشت بجنورد را دربر می‌گیرند. این عرصه‌ها منطبق بر مناطق غربی و جنوب‌غربی شهر بجنورد در اراضی هستند. محاسبات نشان می‌دهد، روش منطق فازی در اختصاص شرط‌های ریاضی و جبری و ایجاد لایه‌های اطلاعاتی دقیق و علمی است و در مقابل، در روش ANP ارتباط و همبستگی بین معیارها در سیستم، لحاظ شده و تصمیم‌گیری را واقعی و سازنده‌تر می‌کند؛ از این رو پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، از تلفیق این دو مدل (FANP) استفاده شود.

تاریخ دریافت: ۱۸ تیر ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۲۳ بهمن ۱۳۹۸

صفحات: ۱۷۰-۱۴۷



کلید واژه‌ها:

بجنورد، توسعه فیزیکی، ژئومورفولوژی، تحلیل شبکه (ANP)، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، فازی.

* نویسنده مسئول: دکتر ابراهیم تقوی مقدم
پست الکترونیک: e.taghavi@hsu.ac.ir

مقدمه

تحولات پیچیده اقتصادی و فنی پس از انقلاب صنعتی موجب تغییر در معیشت مردم و به تبع آن تغییر در اندازه شهرها و تسریع آهنگ شهرنشینی در بسیاری از شهرهای اروپا شد (Chapin:2009:238). میزان رشد جمعیت ایران در دوره پنجاه ساله ۱۳۳۵-۱۳۸۵ در حدود ۳۶/۷۶ درصد بوده است که این رقم، فوق العاده بالا و نشان دهنده تحولات گسترده جمعیتی و معیشتی در ایران بوده است (ساعی، ۱۳۹۲: ۴۴). این فرایند در اثر دو رخداد گسترده در سطح کشور شامل افزایش جمعیت و در برابر آن مهاجرت به شهرها رخ داد. این رخداد اگرچه بر اثر اتخاذ سیاست های جمعیتی و اصلاحات ارضی به وقوع پیوست؛ اما تبعات و آثار آن مورد توجه قرار نگرفت و به دلیل بی توجهی به وجود امکانات و زیرساخت های لازم برای این اتفاق بزرگ، باعث ایجاد چالش ها و مشکلات عدیده ای در مدیریت شهری اکثر شهرهای ایران شد. از سوی دیگر، محدوده های سکونتگاهی به خصوص شهرها بر بستر محیط جغرافیایی قرار دارد که چشم پوشی از آن غیرمنطقی و علمی است. محل استقرار انسان به عنوان وارث زمین کاملاً تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه ژئومورفولوژی است (شهماری اردجانی، ۱۳۹۴: ۸۷)؛ زیرا عوارض و لندفرم های ژئومورفولوژیکی تأثیر زیادی در مکان گزینی، حوزه نفوذ، توسعه فیزیکی و مورفولوژیک شهرها دارد (ثروتی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۷). عوامل متعددی چون موقعیت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، شکل ناهمواری ها، آب و هوا، پوشش گیاهی، شبکه آب ها، هر یک به نحوی در پیدایش، شکل گیری و گسترش سکونتگاه ها مؤثر بوده و سیمای کنونی شهرهای ایران را موجب شده است (حسین زاده دلیر و هوشیار، ۱۳۸۵: ۲۱۹). با توجه به ابعاد پیچیده مسائل شهری و دخالت متغیرهای مختلف به ویژه فاکتورهای طبیعی در امر برنامه ریزی شهری از مدل ها

و نرم افزارهای مختلف برای برنامه ریزی استفاده می کنند که سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزار قدرتمندی در پاسخگویی به نیازهای مطالعاتی و کاربردی به خصوص تعیین جهات مناسب گسترش شهری محسوب می شود.

شهر بجنورد مرکز استان خراسان شمالی، چهل و چهارمین شهر ایران از نقطه نظر جمعیت است. این نقطه جمعیتی در شمال شهر کشور به تنهایی از شهرهای بوشهر، بیرجند، ایلام و سمنان پرجمعیت تر است و با توجه به اینکه مرکز اداری و سیاسی خراسان شمالی است، جاذب جمعیت است. نرخ افزایش سکونتگاه های شهری در دشت بجنورد از ۱۷ درصد در سال ۱۳۷۷ به ۳۷ درصد در سال ۱۳۹۲ رسیده است که باعث تخریب سطح وسیعی از کاربری های کشاورزی و باغات حاصلخیز در دشت بجنورد شده است. از سوی دیگر، با توجه به ژئومورفولوژی دشت بجنورد همواره کمبود زمین مناسب برای اختصاص به کاربری های شهری همواره از دغدغه های متولیان امور شهری و مدیران برنامه ریزی شهری بوده است؛ به نحوی که امروزه استقرار کاربری های دانشگاهی و صنعتی به ترتیب در قسمت جنوب و جنوب غرب شهر باعث مشکلات زیست محیطی و مخاطره آمیز شده است. احداث دانشگاه بجنورد در شیب بیش از ۱۲ درصد نمونه ای از عدم صحیح مکانیابی اصولی برطبق فاکتورهای طبیعی و توپوگرافی است. پدیده های ژئومورفیک خطرآفرین در دشت بجنورد مانند: انواع حرکات توده ای چون خزش، ریزش، زمین لغزش و روانگرایی به وفور فعالیت داشته و تأسیسات شهری و مواصلاتی را تحت تأثیر قرار می دهند. با توجه به جریان هیدرولوژیکی ۳ کانال گذر آب در دشت بجنورد که دقیقاً از مرکز شهر بجنورد می گذرند، مسئله سیلاب های شهری محله های شرقی شهر بجنورد را تهدید کرده و هرگونه افزایش محدوده

در جمع‌بندی مطالب فوق این سؤال پیش می‌آید، چه تغییرات کمی و کیفی در اراضی دشت بجنورد در اثر توسعه شهری رخ داده‌است؟ و چه پهنه‌هایی در سطح دشت بجنورد وجود دارد که مناسب‌ترین اراضی برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد است؟ و کدام روش مناسب‌ترین تکنیک برای پهنه‌بندی اراضی شهر به‌منظور توسعه فیزیکی است؟

در حالت کلی، شهرها پدیده‌های پیچیده و سیستماتیک هستند و تمامی عناصر و اجزاء شهری با همدیگر در ارتباطند و برای حل یک معضل شهری باید از ابزارها و تکنیک‌های نوین بهره برد. امروزه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به دیدگاه سیستمی و همه‌جانبه‌گر از هدر رفتن زمان و هزینه‌ها جلوگیری می‌کند (حسینی، ۱۳۹۰: ۶۳). همان‌طوری که مسائل مربوط به فرم و فرایندهای زمین و استقرار شهر و توسعه آن از پیچیدگی خاصی برخوردار است؛ از این‌رو باید از ترکیب و یکپارچه‌سازی تحلیل تصمیم چندمعیاری^۱ و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی دقیق آن‌ها در جهت تصمیم‌گیری مناسب بهره جست (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۶۵).

امروزه علاوه بر روش تحلیل سلسله‌مراتبی، روش تحلیل شبکه بسیار مورد توجه پژوهشگران علوم زمین به‌ویژه ژئومورفولوژیست‌ها قرار گرفته‌است. در این روش ارتباط میان عناصر تصمیم از طریق جایگزینی ساختار سلسله‌مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود. در حقیقت فرایند تحلیل شبکه حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن محسوب می‌شود (Saaty, 1980: 139). به همین دلیل در سال‌های اخیر از این روش به جای روش AHP استفاده می‌شود (Charan and Shankar, 2007: 277). از سوی دیگر، با توجه به پیچیدگی مسائل شهری با توجه به

شهری در این جهت می‌تواند فجایع جبران‌ناپذیری را در آینده موجب شود؛ از این‌رو نیازمند اختصاص چند کانال انتقال آب علاوه بر کانال‌های آب پسته و ملکش احساس شود.

براساس طرح جامع شهر بجنورد در سال ۱۳۷۴ الگوی نهایی توسعه کالبدی مبتنی بر توسعه ناپیوسته قرار گرفت و حد نهایی توسعه شهر شامل: محدوده خدماتی شهر به همراه بافت‌های حاشیه‌ای شمالی (حدآبراهه شمالی به بعد به صورت ناپیوسته به منظور احداث شهرک گلستان) و شرق و جنوب شرق (پس از اراضی کشاورزی و رودخانه‌های شهرک ولیعصر و روستای حمزانلو) جنوب و جنوب غربی (توسعه پیوسته تا روستای ملکش و حصار شیرعلی و ناپیوسته در محدوده تخته ارکان) غرب و شمال غرب (به دلیل کاربری‌های صنعتی و وجود فرودگاه و ارتفاعات این نواحی هیچ‌گونه توسعه‌ای انجام نگیرد) تعیین شد (طرح هادی، ۱۳۷۴). در دهه ۱۳۷۵-۱۳۸۵ میزان نرخ رشد جمعیت در شهر بجنورد ۲/۲ درصد بوده‌است که باعث الحاق روستاهای ملکش، حلقه‌سنگ، ینگه‌قلعه، محمدآباد، باقرخان، قلعه‌عزیز و بربرقلعه به همراه شهرک فرهنگیان شده‌است که عامل اصلی رشد جمعیت بجنورد در این دهه، مهاجرت قلمداد می‌شود. براساس بررسی‌های انجام‌شده و تصاویر ماهواره‌ای جدید مشخص شد، محدوده شهر در همه جهات گسترش یافته‌است. شهر ابتدا به سمت جنوب گسترش یافته، سپس به صورت خطی در جهت شرق و غرب گسترش یافته‌است. در طرح جامع ۱۳۸۹ علل این تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفته و شرایط آب و هوایی مناسب، وجود مرکز دانشگاهی و وجود راه‌های ارتباطی از مهم‌ترین علل این تغییرات ذکر شده‌است. این شرایط باعث شده بخش وسیعی از مناطق حاصلخیز در دشت بجنورد تغییر کاربری داده و در کالبد شهر هضم شود.

1. Multi-Criteria Decision Making
2. MCDM

۲۰۲۰-۲۰۵۰ کرده است و نقش شبکه های ارتباطی را در جهات توسعه آینده شهر تأثیرگذار معرفی می کند. در زمینه توسعه فیزیکی شهرها و استفاده از فاکتورهای طبیعی و ژئومورفولوژیکی برای توسعه آتی محدوده های شهری مطالعات گسترده ای در سطح جهان و ایران انجام شده است.

Tadic و همکاران (۲۰۱۴) به مکان یابی مناطق لجستیکی و آماد شهری شهر San Antonio در تکزاس آمریکا با روش های fuzzy ANP, fuzzy DEMATEL, fuzzy VIKOR and پرداخته و روش ترکیبی fuzzy ANP را برای این منظور مناسب ارزیابی کردند. Feizizadeh و همکاران (۲۰۱۴) از روش فازی و ahp برای پهنه بندی مناطق مستعد خطر زمین لغزش در محدوده شهرستان ایذه استفاده کردند. Mosadeghi و همکاران (۲۰۱۵) با هدف مدیریت کاربری اراضی شهری با تأکید بر نواحی صنعتی در منطقه Queensland استرالیا از روش AHP و روش تلفیقی AHP-Fuzzy استفاده کرده است. بدین منظور از ۴ معیار اصلی و ۲۴ زیرمعیار استفاده کرده است. Malmir و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش WLC به معرفی بهترین مناطق برای توسعه متروپلیتن اهواز پرداخته و برای تهیه لایه های اطلاعاتی خود از تحلیل شبکه و منطق فازی استفاده کرده تا بتواند بهترین لایه های اطلاعاتی برای مدل خود را تهیه کند و نواحی شمالی اهواز را برای توسعه شهر مناسب معرفی و تلفیق مدل ANP-FUZZY را بسیار مناسب ارزیابی می کند. Pilehvar and Hoseini در سال ۲۰۱۹ در پژوهشی با استفاده از روش های AHP و ANP به ارزیابی خطر تکتونیک و زمین لرزه در محدوده شهر بجنورد پرداخته و ۲۷ درصد از محدوده را در معرض خطر شدید و نسبتاً شدید معرفی می کند. در ایران سرور و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش ترکیبی AHP-FUZZY به بررسی تأثیر عوامل محیطی در توسعه فیزیکی شهر

هدف تحقیق، نیازمند یک روش کمی و ریاضی هستیم که از انعطاف پذیری بیشتری در ایجاد لایه های اطلاعاتی مناسب برای تصمیم گیری استفاده شود (حیدی ساریان و همکاران، ۱۳۹۴:۱۳۶). روش فازی براساس عضویت هر یک از طبقات و پیکسل ها به یک عدد ثابت در دامنه صفر تا یک است (wang, 1996:15).

هدف این تحقیق انتخاب و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی مؤثر در جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد و کاربست روش AHP, ANP و منطق فازی بر معیارهای ذکر شده به منظور انتخاب بهترین اراضی در جهت توسعه فیزیکی-کالبدی شهر بجنورد به عنوان مرکزیت سیاسی و اداری استان خراسان شمالی است، تا بتوان با معرفی بهترین جهات توسعه شهری از رخداد مخاطرات ژئومورفولوژیکی جلوگیری و بهترین مدیریت و برنامه ریزی شهری را در این شهر مهم و ارزشمند در شمال شرق کشور اجرا کرد.

پیشینه تحقیق

در مورد محدوده شهر بجنورد تاکنون مطالعات مختلفی صورت گرفته است. در سال ۱۳۹۲ فارسی و یوسفی تغییرات کاربری اراضی دشت بجنورد را مورد پایش و ارزیابی قرار داده و نرخ افزایش سکونتگاه های شهری در دشت بجنورد از ۱۷ درصد در سال ۱۳۷۷ به ۳۷ درصد در سال ۱۳۹۲ محاسبه کرده است که باعث تخریب سطح وسیعی از کاربری های کشاورزی و باغات شده است. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل عوامل و فرایندهای محلی در تحولات فضایی شهر بجنورد در خلال سال های ۱۳۴۵-۱۳۹۵ پرداخته و انتخاب شهر به عنوان مرکزیت اداری و سیاسی را به عنوان نقطه عطفی در تحولات شهری بجنورد معرفی می کند. Novin and Khosravi (۲۰۱۷) در پروژه تحقیقی خود اقدام به شبیه سازی رشد شهری در بازه

در پژوهشی ۲۰ نقشه معیار در رابطه با پارامترهای مؤثر بر گسترش کالبد شهری تهیه و پردازش شدند که با استفاده از دو روش خوشه‌بندی فازی (Fuzzy Clustering) و منطق فازی (Fuzzy Logic) در دو محیط نرم‌افزاری MATLAB و Arc GIS اقدام به همپوشانی لایه‌ها و ارائه جهات بهینه کرده و رشد محدوده شهری را در خلال سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۴ چهار برابر و رشد جمعیت را ۱/۱ برابر محاسبه کرده‌است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان بجنورد در شمال شرق استان خراسان شمالی قرار دارد که با شهرستان شیروان از شرق، مانه و سملقان از غرب، اسفراین از جنوب، جاجرم از جنوب غربی و با کشور ترکمنستان از شمال حدود ۲۷۰ کیلومتر مرز مشترک دارد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی این شهرستان در گستره شمال شرقی ایران بین ۵۷-۵۳ درجه طول شرقی و ۳۶-۳۱ تا درجه عرض شمالی واقع شده‌است (شکل ۱). این شهرستان به لحاظ وسعت ۲۲ درصد و از لحاظ جمعیت، ۴۰ درصد کل جمعیت استان را به خود اختصاص داده‌است. شهرستان بجنورد بر روی دشتی نسبتاً پهناور بین کوه‌های آلاداغ در شمال جنوب و غرب و کوه‌های کپه‌داغ (باباموسی) در شمال و شرق واقع شده‌است. وسعت دشت بجنورد یکصد کیلومترمربع بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۱۰ متر است (سند توسعه استان خراسان شمالی، ۱۳۹۰). متوسط ارتفاع منطقه ۱۶۹۸ متر و متوسط شیب منطقه، ۱۵/۸ درصد است. سطح آب زیرزمینی در کل دشت بجنورد از ۱۰۲۵-۱۰۷۲ متر اندازه‌گیری شده‌است. از لحاظ زمین‌شناسی دشت بجنورد بر رسوبات دوران دوم (در سازندهای تیرگان، شوربچه سنگانه و سرچشمه)، سوم (شامل تشکیلات سست

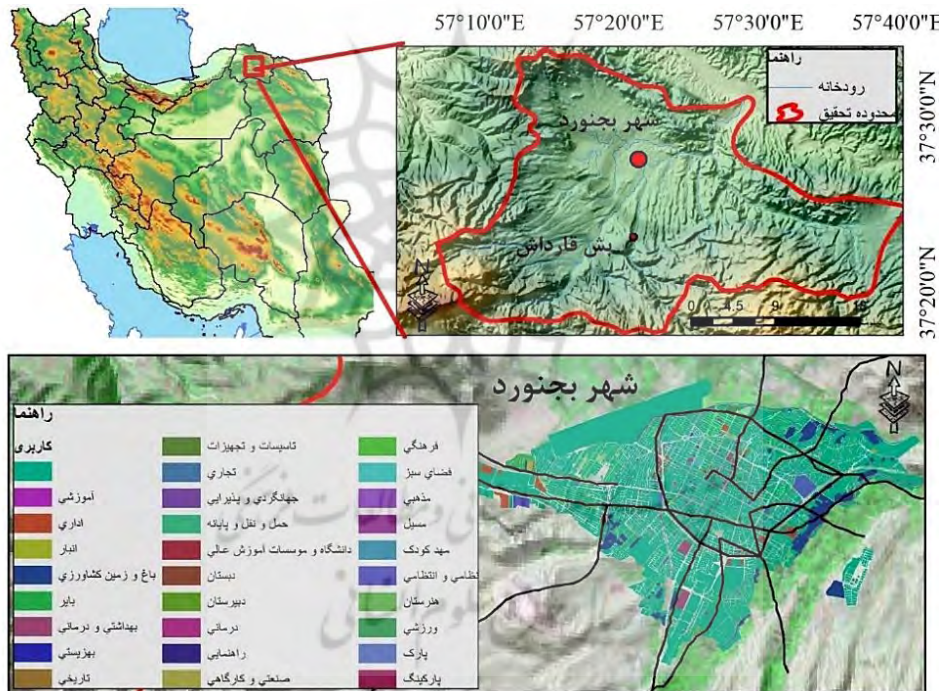
ملکان پرداخته‌است. در این روش از الگوریتم گامای ۰/۸ فازی برای همپوشانی لایه‌ها استفاده کرده‌است. نتایج نشان می‌دهد، اراضی ملحق شده به مجموعه شهری ملکان مغایر با اصول ژئومورفولوژیکی است و این اراضی نسبت به مخاطرات ژئومورفولوژیکی از جمله سیلاب آسیب‌پذیرتر هستند.

شایان و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی آثار لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی بر محورهای توسعه فیزیکی، شهر داراب را مورد بررسی قرار داده و فرایندهای حرکات توده‌ای و ژئومورفولوژی جریان منطبقه را در روند توسعه شهر داراب مؤثر قلمداد می‌کند. سرور و خیری‌زاده (۱۳۹۶) به ارزیابی توسعه فیزیکی درون‌زا و برون‌زای شهر مراغه پرداخته و فرم و الگوی توسعه کالبدی-شهری شهر مراغه را با روش آنتروپی شانون و هلدن مورد سنجش قرار داده و از منطق فازی برای همپوشانی لایه‌ها استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده تغییر کاربری‌های کشاورزی و باغات به اراضی شهری در طی یک دوره ۱۳ ساله به میزان ۵۹۲ هکتار است.

اکبری و کاویان (۱۳۹۶) با استفاده از ۸ معیار طبیعی و بهره‌گیری از تکنیک فازی سلسله‌مراتبی به ارزیابی اراضی دشت سبزوار به منظور توسعه فیزیکی شهر سبزوار پرداخته‌است. در این پژوهش که با رویکرد تناسب اراضی (LSA) انجام شده‌است، ۶۰ درصد از منطقه منطبق با محدوده‌های شمالی و شمال شرق شهر سبزوار در جهت توسعه فیزیکی مناسب ارزیابی شده‌است. حاجی‌زاده وادقانی و همکاران (۱۳۹۷) با شناسایی ویژگی‌های محیطی و اجتماعی و اقتصادی، مکان‌های بهینه برای توسعه شهری شهر کاشان را با روش‌های منطق فازی و ترکیب خطی وزنی و تکنیک تصمیم‌گیری فرایند تحلیل شبکه‌ای مورد ارزیابی قرار داده و قسمت‌های جنوبی شهر کاشان را مستعد توسعه شهری معرفی می‌کند. حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸)

شده است. میانگین سالانه رطوبت هوا ۵۸ درصد و متوسط درجه حرارت ماهانه ۱۳/۳ درجه است. اقلیم منطقه مطابق با اقلیم نمای دوارتن از نوع نیمه خشک و خشک و براساس اقلیم نمای کوپن معتدل مدیترانه ای است. باد غالب منطقه باد غربی و با نام باد گرگان شناخته می شود و باد شمال غربی نیز با نام آیش و سورتوک در رتبه بعدی قرار دارد. از لحاظ هیدرولوژی جزء حوضه آبریز اترک است که تمامی زهکش ها به سمت شرق جهت یافته و توسط رودخانه بابا امان از دشت خارج می شود (طرح جامع شهر بجنورد، ۱۳۸۹).

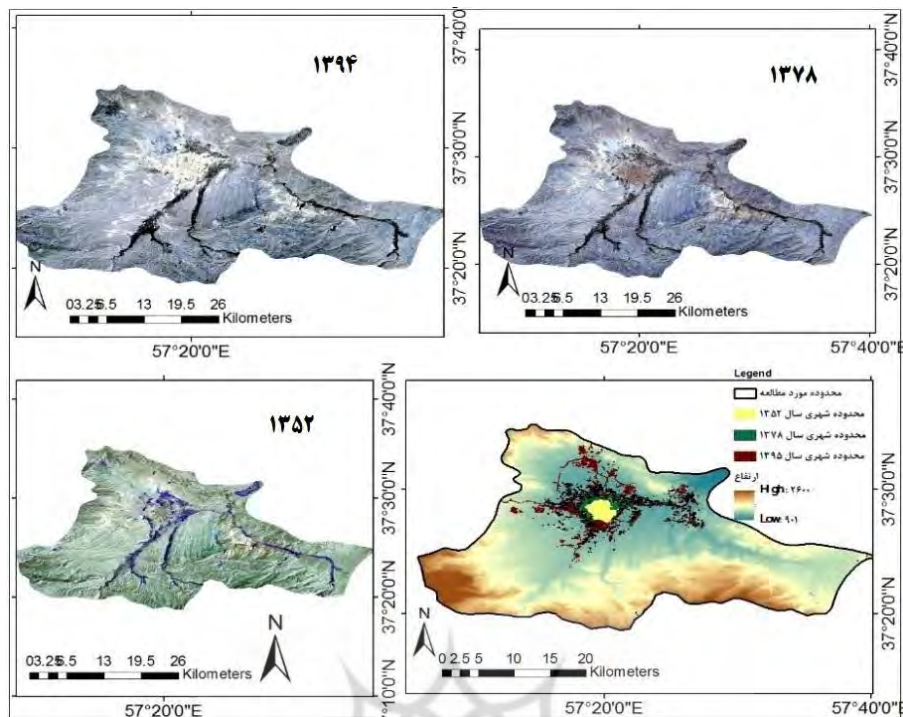
نئوژن و کنگلومرا و تپه های آبرفتی پلیوستوسن) و چهارم زمین شناسی (تراس ها و مخروط افکنه ها و آبرفت ها) تشکیل شده است. دشت بجنورد به صورت یک ناودیس با جهت شمال غربی-جنوب شرقی است که گسل های چهار خروار در جنوب شرق، گسل سلوک در شمال، گسل قرچه رباط در شمال غرب شهر بجنورد است که جهات آن در راستای ناودیس بوده و دشت بجنورد را به صورت یک بلوک پایین افتاد (گرا بن) در آورده است. متوسط بارش سالانه در دشت بجنورد ۲۹۲ میلی متر است که این میزان در ایستگاه سینوپتیک بجنورد ۲۷۲ میلی متر اندازه گیری



شکل ۱. نقشه محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

رسیده است (سازمان مدیریت و برنامه ریزی خراسان شمالی ۱۳۹۶). در خلال سال های ۱۳۹۱-۱۳۹۵ نرخ رشد جمعیت در شهر بجنورد ۱/۱ بوده است.

جمعیت شهر بجنورد براساس سرشماری سال ۱۳۸۵، ۱۷۷۵۲۴ نفر بوده که این رقم در سال ۱۳۹۰ به ۲۰۱۴۴۹ نفر و در سال ۱۳۹۵ به ۲۳۳۸۱۰ نفر



شکل ۲. روند تغییرات محدوده شهری بجنورد در خلال سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

عوامل ژئومورفولوژیکی مؤثر در توسعه فیزیکی - کالبدی شهر بجنورد می‌پردازد. رویکرد تحقیق بر پایه اثبات‌گرایی ولی با نگاهی به روندها و تحولات شهری است. روش گردآوری اطلاعات مبتنی بر روش‌های اسنادی (کتابخانه‌ای)، مشاهدات (مطالعات میدانی) و مستندسازی است. محدوده آماری تحقیق محدوده دشت بجنورد است و در بخش تجزیه و تحلیل از مدل‌های MCDM و الگوریتم‌های FUZZY استفاده شده است (شکل ۳). در این تحقیق از نرم‌افزارهای Expert، Globla Maper، Envey 5.1، ArcGIS 10.5 و Super Decision، Choise 5 و... استفاده شد. همچنین تمامی اطلاعات لازم برای ساخت لایه‌های اطلاعاتی از منابع اطلاعاتی همچون: اطلاعات سطح آب زیرزمینی دشت بجنورد، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ بجنورد، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بجنورد، مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر تهیه شده از تصاویر

تأثیر این افزایش جمعیت در ساختار کالبدی و فیزیکی شهر در خلال سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ بسیار تأثیرگذار بوده است. با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده محدوده شهری در سال‌های تحقیق استخراج شد. بدین منظور با استفاده از روش حداکثر احتمال نقشه محدوده شهری برای ۳ دوره تحقیق تهیه و این عرصه‌ها همپوشانی شدند. مطابق با شکل ۲ میزان گسترش شهر بجنورد در بازه زمانی ۴۳ سال نشان داده شده است. نواحی زردرنگ بافت قدیمی شهر بجنورد در سال ۱۳۵۲ است و رنگ سبز، نواحی شهری در سال ۱۳۷۸ و رنگ قرمز، گسترش شهر بجنورد در سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

این تحقیق برحسب محتوا از نوع کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی و تحلیلی است. این تحقیق به بررسی

ژئومورفولوژی، زمین شناسی، کاربری و محیطی، دسترسی انتخاب و دسته بندی شد. زیرمعیارهای منتخب شامل نوع لندفرم، درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع، لیتولوژی، فاصله از گسل، ضخامت آبرفت، لرزه خیزی، سطح آب زیرزمینی، کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از مناطق صنعتی و توریستی، فاصله از رودخانه، فاصله از مرکز شهر و فاصله از راه‌هاست.

ماهواره‌های SRTAM، تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۷۳، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۶ ماهواره لندست، گردآوری و در ژئودیتابیس نرم افزار بر مبنای سیستم تصویر مرکاتور (UTM)، Zone 40, WGS 1984 دسته بندی شد؛ سپس با بررسی وضعیت جغرافیایی و محیطی دشت بجنورد و مصاحبه با متخصصان و متولیان امور شهری و همچنین سوابق تحقیق، از بین ۳۰ فاکتور محیطی، تعداد ۱۵ شاخص مهم و اساسی در ۴ گروه اصلی

جدول ۱. معیارها، زیرمعیارها و کلاس های مورد استفاده در تحقیق

زمین شناسی					ژئومورفولوژی										معیارها																																		
ارتفاع سطح آب زیرزمینی		لرزه خیزی	ضخامت آبرفت	فاصله از گسل	لیتولوژی	طبقات ارتفاعی	جهت شیب	در صد شیب	لندفرم											زیرمعیارها																													
۳۶	۳۶-۲۸	۲۸-۲۱	۲۱-۱۴	۶=۱۴	۴۰	۳۰=۴۰	۲۰=۳۰	۱۰=۲۰	۱۰=۱۰	۱۹۴	۱۹۴-۱۵۰	۱۵۰-۱۰۷	۱۰۷-۶۵	۶۵-۲۰	۳۴=۰	۳۴۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۰	ساکنند قریب لاله	ساکنند میانه لاله	ساکنند دور لاله	ساکنند آتاکم	سوبات قدیم کلاتری	سوبات لار	سوبات حیات کلاتری	سوبات تیرگان	ساکنند بیست چشمه	۲۱۰۰	۲۱۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۹۰۰	FLAT	N	NE-NW	S-W	S-SE-SW	۱۲	۸=۱۲	۵=۸	۲=۵	۲=۰	دشت	دشت سر	کوهستان	محدوده شهری	بستر رودخانه	کریه‌ها

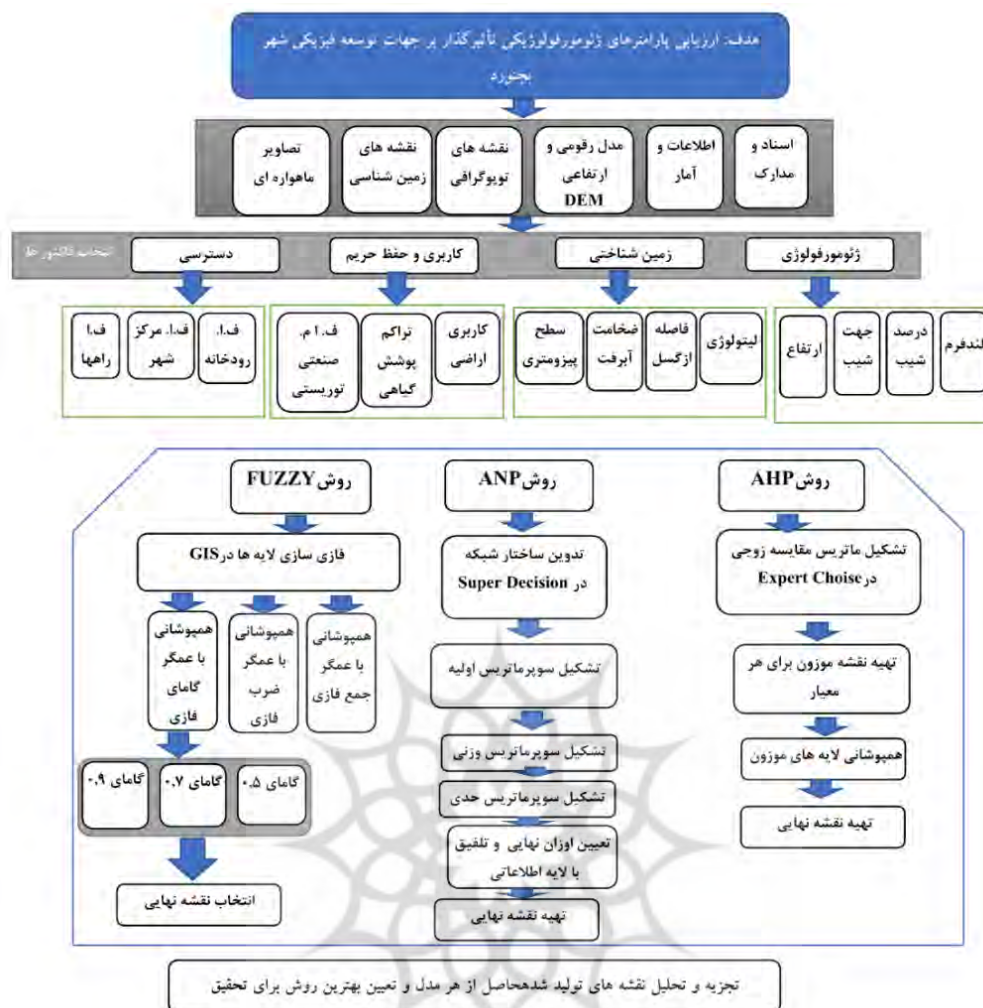
ادامه جدول ۱ (منبع: نگارندگان)

دسترسی					کاربری و حفظ حریم																									
فاصله از راهها		فاصله از مرکز شهر	فاصله از رودخانه	فاصله از مناطق صنعتی توریستی و حفاظت شده	تراکم پوشش گیاهی	کاربری اراضی																								
۲۴۰۰	۲۴۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۰	۲۰	۲۰=۱۵	۱۵=۱۰	۱۰=۵	۵=۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۸۰۰	۸۰۰-۴۰۰	۴۰۰-۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۰	۱۳۰	۱۳۰-۱۱۵	۱۱۵-۱۰۵	۱۰۵-۹۵	۹۵-۸۹	کوهستان	باغات و جنگل	موتز درجه ۲	زمین های کشاورزی	موتز درجه ۱	کاربری شهری

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

معیارها و عوامل مؤثر منطقه داشته‌اند، استفاده شد و همچنین با توجه به شناخت منطقه و مطالعات کتابخانه‌ای و در نظر گرفتن قابلیت‌ها و تنگنای آن اولویت بندی معیارها و وزن دهی روی آن‌ها صورت گرفته است.

تک تک این لایه‌ها در محیط GIS با تکنیک‌های مناسب ساخته و به منظور استفاده در مدل تحقیقاتی در کلاس‌های استاندارد باز تولید شد. برای وزن دهی لایه‌ها از چندین کارشناس متخصص (زمین شناس، برنامه ریز شهری، کارشناس منابع طبیعی در زمینه آبخیزداری، کارشناس مسکن و شهرسازی و متخصصان رشته ژئومورفولوژی) در ارتباط با شناختی که در زمینه



شکل ۳. چارت تحقیق

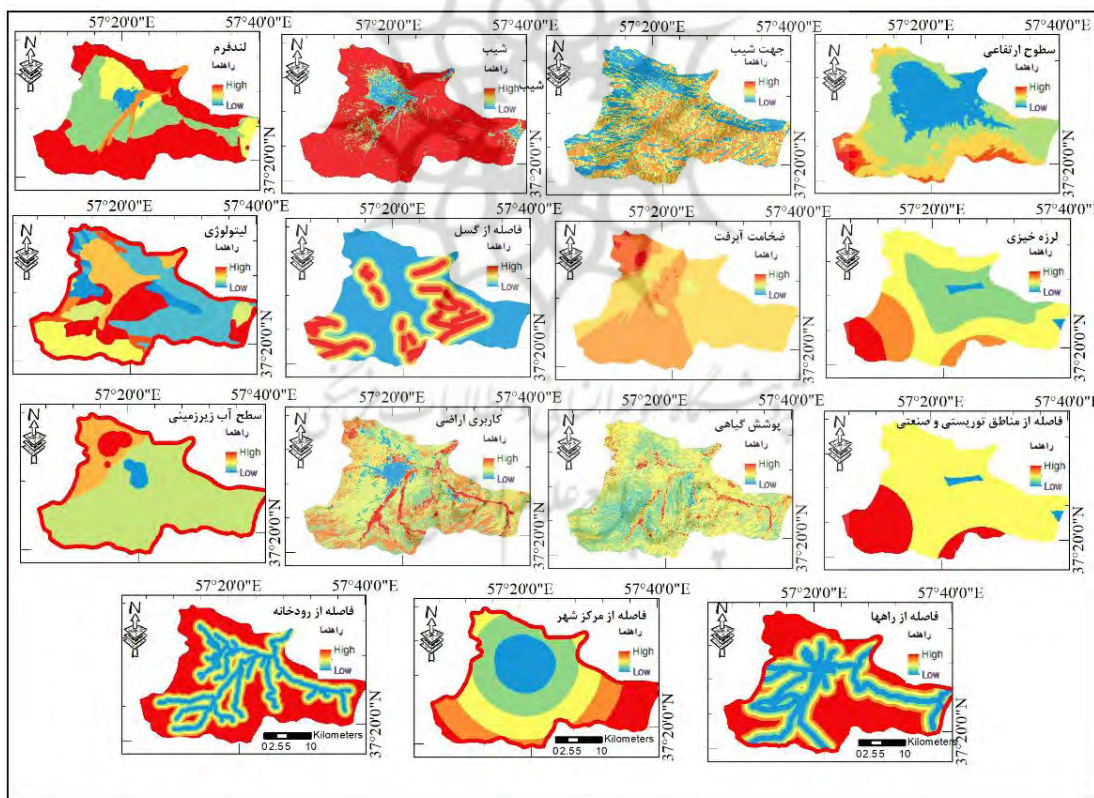
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

برای تهیه نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی از تصاویر ماهواره‌ای و انطباق آن بر مدل رقومی ارتفاعی استفاده و هر یک از لندفرم‌ها به دقت شناسایی و ترسیم شد. برای تهیه نقشه شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) استفاده و نقشه استاندارد شده هریک به دقت طبقه‌بندی و برای استفاده در مدل‌ها تهیه شد. برای تهیه نقشه زمین‌شناسی و نقشه پراکنش گسل‌ها، از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه بجنورد و راز استفاده شد. برای استخراج لایه ضخامت آبرفت از نقشه عمق

سنگ کف دشت بجنورد تولید شده سازمان آب منطقه‌ای در چهارچوب پروژه مطالعات ژئوفیزیکی دشت بجنورد استفاده شد. برای تهیه لایه لرزه‌خیزی از آمار و اطلاعات زمین‌لرزه‌های به وقوع پیوسته طی ۵۰ سال اخیر مرکز لرزه‌نگاری کشور وابسته به مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران تهیه شد. سپس نقشه فاصله از این کانون‌ها توسط عملگر buffer ring تهیه شد. از آمار سطح آب زیرزمینی ۲۰ حلقه چاه در سطح دشت بجنورد، استخراج شده توسط سازمان آب منطقه‌ای خراسان شمالی برای سال ۱۳۹۴، برای تهیه نقشه

و google earth شناسایی و لایه دیجیتال آن تهیه شد. برای تهیه لایه سیستم هیدرولوژیکی دشت از مدل رقومی ارتفاعی استفاده و با استفاده از اکستنشن Hydrology نرم افزار Arc Map سیستم زهکشی دشت به صورت اتوماتیک استخراج شد. همه این لایه ها با استفاده از عملگر Buffer Ring حاصل بندی شده و برای استفاده در مدل های تحقیق استاندارد شدند (شکل ۴). در جدول ۱ طبقه بندی هر یک از زیرمعیارهای آورده شده است. این طبقه بندی براساس مطالعات میدانی محققان، مصاحبه با متخصصان و متولیان امور شهر بجنورد و مطالعات انجام شده صورت گرفته است.

سطح آب زیرزمینی استفاده شد. از تصاویر ماهواره ای سال ۲۰۱۶ ماهواره لندست ۷ برای تهیه نقشه کاربری استفاده شد. بدین منظور از روش حداکثر احتمال و طبقه بندی نظارت شده هر یک از کاربری ها به دقت تعیین و سپس طی بازدید میدانی و اطمینان از هر کاربری، پیکسل های مشابه دسته بندی و نقشه کاربری اراضی تولید شد. با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۷ استفاده و به کارگیری باندهای ۲-۳-۴ شاخص NDVI محاسبه شد و با طبقه بندی (Reclassify) آن نقشه تراکم پوشش گیاهی تهیه شد. در ادامه تک تک عوارض موجود در منطقه اعم از مناطق توریستی، حفاظت شده، صنعتی، محدوده شهر و راه های مواصلاتی با استفاده از تصاویر ماهواره ای



شکل ۴. زیرمعیارهای استاندارد شده برای استفاده در مدل های تحقیق

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

در این تحقیق تمامی این مراحل در نرم افزار expert choise انجام و وزن های نهایی هر معیار محاسبه شد. روش تحلیل شبکه (ANP)^۲: محدودیت ها و معایب روش AHP در وابستگی بین معیارها، زیرمعیارها و عناصر محققان را بر آن داشت که روش دیگری ابداع کنند (زبردست، ۱۳۸۹). ساعتی در سال ۱۹۹۹ روش فرایند تحلیل شبکه (ANP) را ارائه داد که مبتنی بر ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه ای و دخالت دادن وابستگی متقابل عناصر به هم بود (: 2008 Gebeyehu, 2007:39; Sabri & Yaakup, 22 فرایند تصمیم گیری، گام بزرگی در استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره برداشت (نظم فر، ۱۳۹۵: ۵۳). در روش ANP اندازه گیری مقادیر و اهمیت نسبی مانند فرایند سلسله مراتبی انجام می گیرد (اقدرد و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۲۴).

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۱: این روش برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ به صورت ارزیابی چندمعیاره توسط توماس ال ساعتی ارائه شد (زبردست، ۱۳۸۰: ۱۳). اولین قدم در فرایند سلسله مراتبی، ایجاد ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی است که در آن اهداف، معیارها، گزینه ها و ارتباط بین آنها مشخص باشد (Lee, 2008: 158). سه مرحله بعدی عبارتند از: محاسبه وزن ها (ضریب اهمیت) معیارها و زیرمعیارها در صورت وجود، محاسبه امتیاز نهایی گزینه ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت ها را شامل می شود. ارزش و اعتبار هر کدام از معیارها با همدیگر براساس اطلاعات گردآوری شده از طریق پرسشنامه ها و مصاحبه های انجام شده با متخصصان و متولیان امور شهری صورت گرفته که با تطبیق با مشاهده میدانی محقق و ملاحظات جغرافیایی منطقه منطبق و نهایتاً بهترین ارزش به مؤثرترین فاکتور در توسعه فیزیکی شهر بجنورد اختصاص یافت. محاسبه وزن در AHP در دو قسمت جداگانه که یکی محاسبه وزن نسبی و دیگری محاسبه وزن نهایی است. با توجه به آنکه قبلاً بیان شد، در فرایند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا عناصر به صورت زوجی مقایسه شده است.

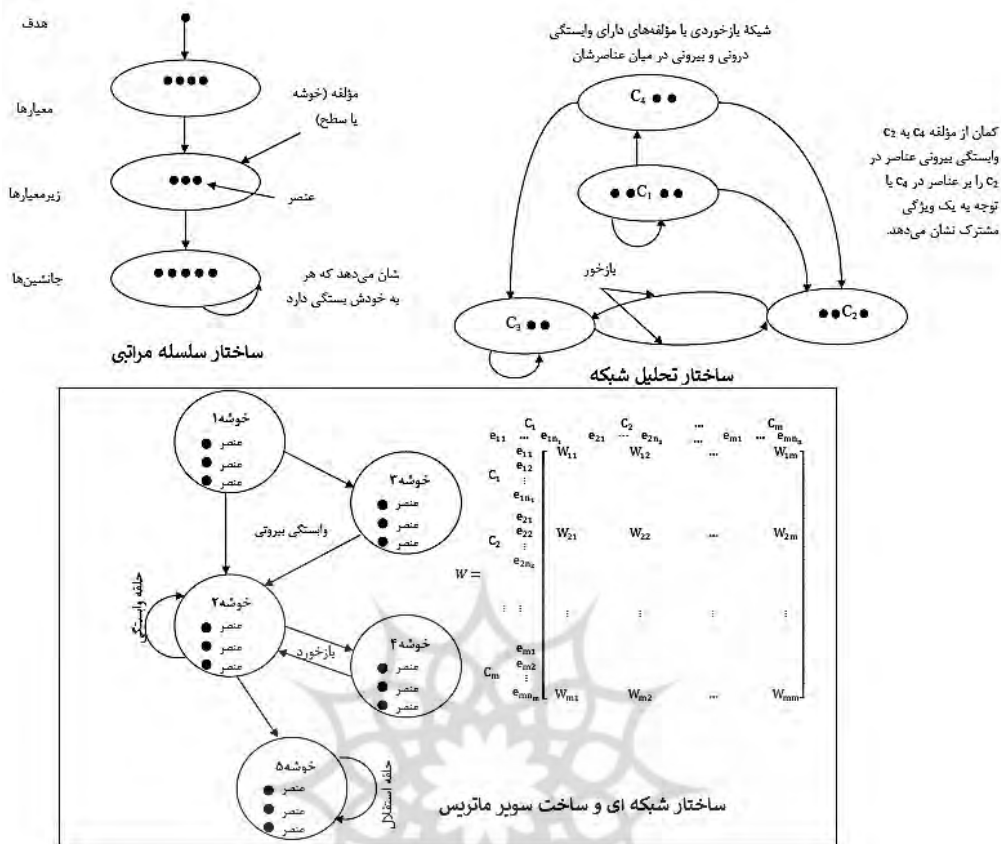
وزن نهایی هر گزینه در یک فرایند سلسله مراتبی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه ها به دست می آید (قدسی پور، ۱۳۸۵). برای این کار از این تابع به عنوان اصل ترکیب سلسله مراتبی توماس ساعتی که منجر به یک بردار اولویت، با در نظر گرفتن همه قضاوت ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می شود، استفاده شد (پورطاهری، ۱۳۸۹: ۸۲).

رابطه ۱:

$$j_j = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m w_k w_i (g_{ij})$$

2. Analytic network process

1. Analytic hierarchy process



شکل ۵. ترکیب بازخورد و روابط وابستگی درون و بین خوشه‌ها در دو روش سلسله مراتبی و تحلیل شبکه (منبع: saaty, 2005)

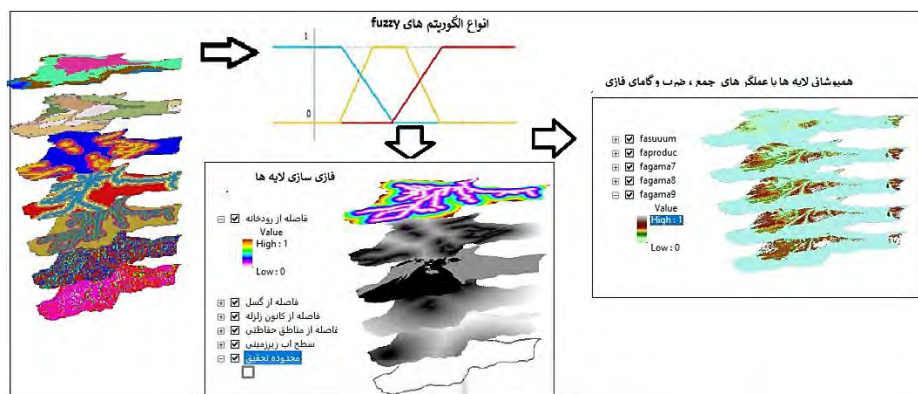
روش فازی (FUZZY LOGIC)

تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی‌زاده در رساله‌ای به نام «مجموعه‌های فازی- اطلاعات و کنترل» در سال ۱۹۶۵ معرفی کرد (Sui, 1992; Yu and Shing, 2013). در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر یا عضو مجموعه است یا نیست (zadeh, 1965). در این تئوری، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع $u(x)$ مشخص می‌شود که x نمایانگر یک عضو مشخص و u تابعی فازی است که درجه عضویت x در مجموعه مربوط را تعیین می‌کند و مقدار آن بین صفر و یک است (Juang 1992). et all, مراحل روش Fuzzy و حالت‌های مختلف عضویت فازی مطابق شکل ۶ است.

برای روش anp مطابق با چهار مرحله زیر عمل می‌شود (شکل ۵) (زبردست، ۱۳۸۹: ۸۰): ۱- تشکیل ساختار شبکه‌ای با توجه به هدف تحقیق و خوشه‌ها و عناصر؛ ۲- مقایسه زوجی میان فاکتورها (عناصر و خوشه‌ها) و جواب‌دادن به این سؤال که چه مقدار یک عضو معین از عضو دیگر متأثر می‌شود (یا تأثیر می‌پذیرد)؟ ۳- محاسبه بردارهای نسبی وزنی از ماتریس مقایسات زوجی با رعایت شاخص ناسازگاری (CI) و نرخ سازگاری (CR)، برای تعیین میزان سازگاری قضاوت‌ها؛ ۴- شکل دادن سوپر ماتریس اولیه و سوپر ماتریس حدی (CESARO) و ارائه اوزان نهایی (saaty 2005:68).

فازی شده در دامنه صفر و یک برای هر متغیر؛ ۴- ساخت نقشه نهایی با عملگرهای جمع، ضرب و گامای فازی؛ ۵- تعیین بهترین نقشه پهنه‌بندی شده به دست آمده از عملگرهای مذکور.

برای روش فازی این مراحل باید انجام شود: ۱- آماده‌سازی لایه‌ها برای تخصیص وزن‌های فازی؛ ۲- تعیین نوع نمودار فازی با توجه به نوع و دامنه اطلاعاتی هر متغیر؛ ۳- تهیه لایه‌های اطلاعاتی



شکل ۶. مراحل انجام روش منطق فازی و انواع الگوریتم‌های فازی (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

روش تحلیل سلسله‌مراتبی

طبق روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP اقدام به مقایسه دوجه‌دویی بین معیارها و سپس زیرمعیارها و در نهایت کلاس‌ها کرده و به هر یک از سطوح یادشده وزن مناسب اختصاص داده شد. وزن‌دهی در این تحقیق براساس معیار ۹ کمیته‌ای انجام شد. بدین منظور تعداد ۳۰ پرسشنامه به ۳۰ نفر از متخصصان علوم زمین و متولیان برنامه‌ریزی شهری تهیه و اولویت و ارجحیت هر یک از معیارها با توجه به هدف تحقیق و با لحاظ کردن مشخصات خاص طبیعی دشت بجنورد تعیین شد. نتایج پرسشنامه‌ها با مصاحبه با تنی چند از نخبگان و استادان مجرب علوم زمین، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نهایتاً اوزان شایسته به هر معیار و زیرمعیار و آلترناتیو اختصاص گرفت. سپس با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۱۱ وزن‌های هر یک از سطوح سلسله‌مراتبی محاسبه شد.

یافته‌های تحقیق

شهرها به‌عنوان زیستگاه انسان در این دوران یکی از پیچیده‌ترین و پویاترین اکوسیستم‌های موجود در سطح زمین است که همواره در معرض انواع چالش‌ها، ناهنجاری‌ها، ناهماهنگی‌ها و در وخیم‌ترین حالت، بلایای طبیعی و انسانی است؛ از این‌رو متخصصان و برنامه‌ریزان شهری همواره نیازمند روش‌ها و مدل‌هایی است که همه‌جانبه‌نگر، سیستماتیک و قابل‌انعطاف باشد. در این میان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌خصوص روش تحلیل سلسله‌مراتبی، روشی بسیار کاربردی و مناسب است. در این تحقیق ابتدا با بررسی و شناخت مشخصات خاص جغرافیایی دشت بجنورد، با استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصان محیطی و شهری تعداد ۱۵ فاکتور اساسی در توسعه فیزیکی انتخاب و لایه‌های اطلاعاتی آن‌ها همانگونه که ذکر شد، تهیه و در دیتابیس تحقیق دسته‌بندی شد.

جدول ۲. وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها و تعیین وزن نسبی و عمومی

وزن	وزن نسبی	گزینه‌ها	وزن زیرمعیار	زیرمعیارها	وزن معیار	معیارها
۰.۰۱۲	۰.۰۷	بستر رودخانه	۰.۴۹۶	لندفرم	۰.۳۶	ژئومورفولوژی
۰.۰۷۹	۰.۴۴۵	محدوده شهری				
۰.۰۰۷	۰.۰۴۲	کوهستان				
۰.۰۴۵	۰.۲۵۷	دشت سر				
۰.۰۳۳	۰.۱۸۶	دشت				
۰.۰۰۶	۰.۱۴۱	۲=۰	۰.۱۱۹	درصد شیب		
۰.۰۲	۰.۴۸	۲=۵				
۰.۰۱۲	۰.۲۷۵	۵=۸				
۰.۰۰۳	۰.۰۷۱	۸=۱۲				
۰.۰۰۱	۰.۰۳۱	۱۲				
۰.۰۳۸	۰.۴۷۱	S-SE-SW	۰.۲۲۸	جهت شیب		
۰.۰۲۱	۰.۲۵۶	S-W				
۰.۰۱۲	۰.۱۵۲	NE-NW				
۰.۰۰۶	۰.۰۷۸	N				
۰.۰۰۳	۰.۰۴۳	FLAT				
۰.۰۱۴	۰.۴۷۲	۱۲۰۰-۹۰۰	۰.۰۸۳	طبقات ارتفاعی		
۰.۰۰۸	۰.۲۵۵	۱۵۰۰-۱۲۰۰				
۰.۰۰۴	۰.۱۴۴	۱۸۰۰-۱۵۰۰				
۰.۰۰۲	۰.۰۶۵	۲۱۰۰-۱۸۰۰				
۰.۰۰۱	۰.۰۴۲	۲۱۰۰				
۰.۰۰۷	۰.۱۱۵	سازند سرچشمه آهک	۰.۱۲۹	لیتولوژی	۰.۴۷	زمین‌شناختی
۰.۰۰۳	۰.۰۵۶	سازند تیرگان آهک بیو				
۰.۰۱۴	۰.۲۲۶	تراست‌ها و آبرفت‌های قدیمی				
۰.۰۰۲	۰.۰۲۶	سازند لار آهک خاکستری				
۰.۰۱۹	۰.۳۱۷	تراست‌ها و آبرفت‌های جدید				
۰.۰۰۳	۰.۰۴۳	سازند آتامیر ماسه‌سنگ و				
۰.۰۰۲	۰.۰۳۲	سازند شور یجه، گنگلومرا،				
۰.۰۱۱	۰.۱۸۵	سازند قرمز بالایی، ماسه‌سنگ				
۰.۰۰۱	۰.۰۴۲	۶۰۰-۰	۰.۰۷۶	فاصله از گسل		
۰.۰۰۲	۰.۰۶۴	۱۲۰۰-۶۰۰				
۰.۰۰۴	۰.۱۰۳	۱۸۰۰-۱۲۰۰				
۰.۰۱	۰.۲۷۸	۲۴۰۰-۱۸۰۰				
۰.۰۱۸	۰.۵۱۴	۲۴۰۰				
۰.۰۰۱	۰.۰۴۱	۶۵-۲۰	۰.۰۴۱	ضخامت آبرفت		
۰.۰۰۱	۰.۰۵۶	۱۰۷-۶۵				
۰.۰۰۲	۰.۱۲۱	۱۵۰-۱۰۷				
۰.۰۰۴	۰.۲۰۹	۱۹۴-۱۵۰				
۰.۰۱۱	۰.۵۷۳	۱۹۴				
۰.۰۱	۰.۰۴۳	۱۰-۰	۰.۴۸۹	لرزه‌خیزی		
۰.۰۱۶	۰.۰۶۹	۱۰=۳۰				
۰.۰۳۶	۰.۱۵۵	۲۰=۳۰				
۰.۰۶۱	۰.۲۶۵	۳۰=۴۰				
۰.۱۰۷	۰.۴۶۸	۴۰				

۰.۰۰۶	۰.۰۴۹	۶=۱۴	۰.۲۶۶	ارتفاع سطح آب زیرزمینی		
۰.۰۰۸	۰.۰۶۶	۲۱-۱۴				
۰.۰۱۸	۰.۱۴۶	۲۸-۲۱				
۰.۰۳۴	۰.۲۶۹	۳۶-۲۸				
۰.۰۵۹	۰.۴۷	۳۶	۰.۲۷۶	کاربری اراضی		
۰.۰۱۳	۰.۴۰۶	کاربری شهری				
۰.۰۰۹	۰.۲۷۵	مرتفع درجه ۱				
۰.۰۰۶	۰.۱۷۴	زمین‌های کشاورزی				
۰.۰۰۲	۰.۰۷۵	مرتفع درجه ۲				
۰.۰۰۱	۰.۰۳۹	باغات و جنگل	۰.۱۶۴	تراکم پوشش گیاهی		
۰.۰۰۱	۰.۰۳۱	کوهستان				
۰.۰۰۹	۰.۴۵۵	۹۵-۸۹				
۰.۰۰۵	۰.۲۷۴	۱۰۵-۹۵				
۰.۰۰۳	۰.۱۴۶	۱۱۵-۱۰۵				
۰.۰۰۲	۰.۰۸	۱۳۰-۱۱۵	۰.۰۶۴	فاصله از مناطق صنعتی توریستی و حفاظت شده		
۰.۰۰۱	۰.۰۴۶	۱۳۰				
.	۰.۰۴۳	۶۰۰-۰				
۰.۰۰۱	۰.۰۷	۱۲۰۰-۶۰۰				
۰.۰۰۱	۰.۱۱۶	۱۸۰۰-۱۲۰۰				
۰.۰۰۲	۰.۲۴۵	۲۴۰۰-۱۸۰۰	۰.۴۹۵	فاصله از رودخانه		
۰.۰۰۴	۰.۵۲۷	۲۴۰۰				
۰.۰۰۳	۰.۰۵۲	۴۰۰-۰				
۰.۰۰۴	۰.۰۷۳	۸۰۰-۴۰۰				
۰.۰۰۷	۰.۱۱۹	۱۲۰۰-۸۰۰				
۰.۰۱۶	۰.۲۶۸	۱۶۰۰-۱۲۰۰	۰.۲۵	فاصله از مرکز شهر		
۰.۰۲۹	۰.۴۸۸	۱۶۰۰				
۰.۰۰۷	۰.۴۷۵	۵-۰				
۰.۰۰۴	۰.۲۶۷	۵=۱۰				
۰.۰۰۲	۰.۱۴۴	۱۰=۱۵				
۰.۰۰۱	۰.۰۷۷	۱۵=۲۰	۰.۰۷۵	فاصله از راه‌ها		
۰.۰۰۱	۰.۰۳۷	۲۰				
۰.۰۱۹	۰.۴۳۷	۶۰۰-۰				
۰.۰۱۱	۰.۲۶۶	۱۲۰۰-۶۰۰				
۰.۰۰۷	۰.۱۵۴	۱۸۰۰-۱۲۰۰				
۰.۰۰۳	۰.۰۷۶	۲۴۰۰-۱۸۰۰	۰.۰۰۶			دسترسی
۰.۰۰۱	۰.۰۳۲	۲۴۰۰				

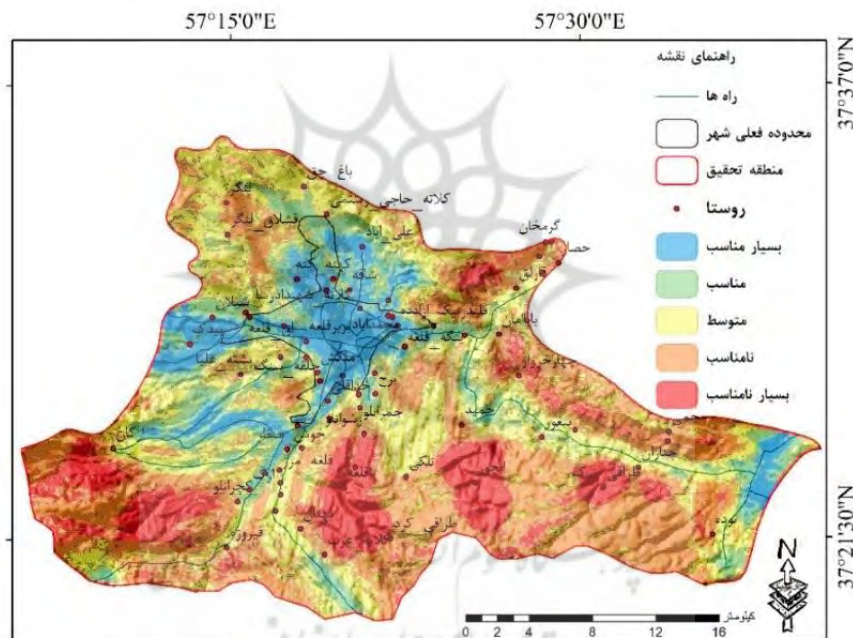
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

استفاده از عملگر Raster Calculator ضرب شد. سپس تمامی ۱۵ لایه تحقیق با استفاده از عملگر جمع لایه‌ها همپوشانی انجام و نقشه بهترین پهنه‌ها برای

در ادامه وزن معیارها در وزن زیرمعیارها ضرب و وزن نسبی هر لایه اطلاعاتی تعیین شد. سپس مطابق با روش AHP وزن معیارها در لایه اطلاعاتی آن با

تاکنون دقیقاً در محدوده بسیار مناسب نقشه حاصل شده از روش AHP قرار دارد. همچنین نقشه ارائه شده پیشنهاد می دهد، مناطق پایین دست روستاهایی بیدک و ارکان نیز برای الحاق به شهر یا ساخت شهرک بسیار مناسب است. همان طور که محدوده هایی از جنوب روستای علی آباد و باقچق، امروزه به عنوان شهرک گلستان انتخاب و شهرک سازی شده، در این روش به عنوان منطقه مناسب برای توسعه شهری پیشنهاد شده است.

توسعه شهر بجنورد تهیه شد. سپس نقشه نهایی با استفاده از روش شکستگی طبیعی (Natural Break) در ۵ کلاس بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب باز طبقه بندی شد. مطابق با نقشه استخراج شده، ۸/۶ درصد از دشت بجنورد در کلاس بسیار مناسب برای توسعه شهر بجنورد قرار دارد. ۱۶/۲ درصد در کلاس مناسب، ۲۹/۵ درصد متوسط، ۳۲/۲ درصد در کلاس نامناسب و ۱۳/۴ درصد از دشت بجنورد در کلاس بسیار نامناسب قرار دارد. مطابق با محاسبات انجام شده، محدوده توسعه یافته شهر بجنورد



شکل ۷. پهنه های مستعد توسعه شهری حاصل از روش AHP

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

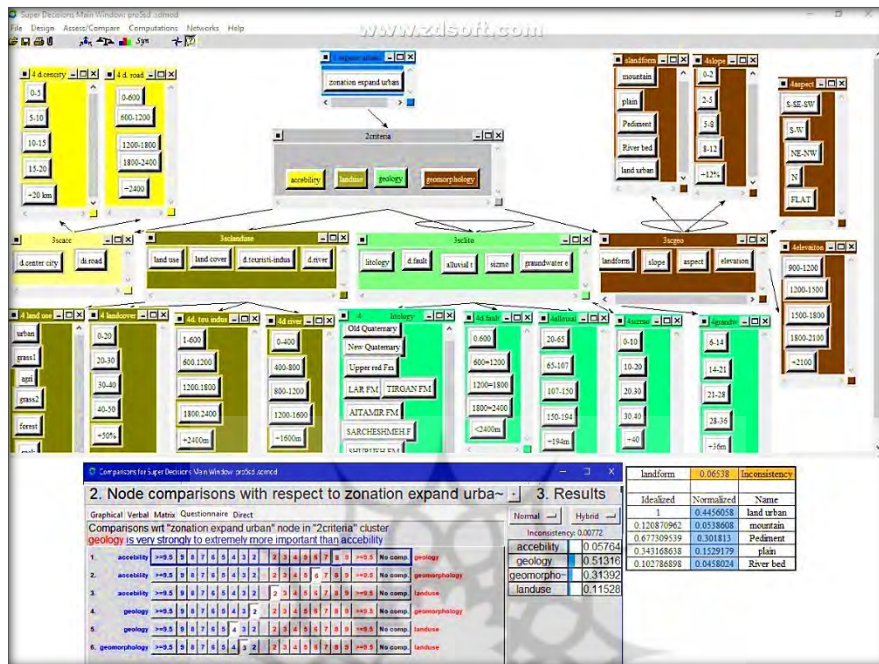
ترسیم چارت معیارها، زیرمعیارها و گزینه و اتصال ارتباطات و بازخوردها، مشابه روش AHP عناصر تصمیم در هر یک از خوشه ها، براساس میزان اهمیت آن ها در ارتباط با معیارهای کنترلی دوجه دو مقایسه می شوند (Cheng, 2005: 88). خود خوشه ها نیز براساس نقش و تأثیر آن ها در هدف تحقیق که بهترین پهنه ها برای توسعه شهر است، دوجه دو مورد مقایسه

روش تحلیل شبکه ANP

روش ANP شکل گسترده تری از روش AHP است که در آن وابستگی متقابل و بازخوردها را نیز می توان دخیل کرد (زبردست، ۱۳۸۹: ۸۰). در مرحله اول همه معیارها و زیرمعیارها و گزینه ها به نرم افزار Super Decision وارد و شبکه ارتباطات بین معیارها و زیرمعیارها و گزینه ها ترسیم شد (شکل ۸). پس از

زوجی کمتر از ۰/۱ باشد (saaty, 1980). مطابق با شکل فوق، مقدار CR برای معیار لندفرم ۰.۰۶۵ است.

قرار گرفت. میزان اهمیت هر عنصر نسبت به عنصر دیگر براساس مقیاس ۹ کمیتهی ساعتی انجام شد و سعی شد میزان نرخ سازگاری نیز در همه مقایسه‌های



شکل ۸. ساخت شبکه تصمیم‌گیری و وزندهی به عناصر با نرخ سازگاری مناسب در نرم‌افزار Super Decision (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

سوپرماتریس حدی یا عمومی محاسبه می‌شود (saaty, 1999). در این مرحله سوپرماتریس وزنی به توان عددی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا شود؛ به عبارتی دیگر، تا زمانی که عوارض همگرا شود، مقادیر به توان می‌رسند (امیر احمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۲۳). در نهایت اوزان نهایی این ماتریس به‌عنوان وزن نهایی اختصاص یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

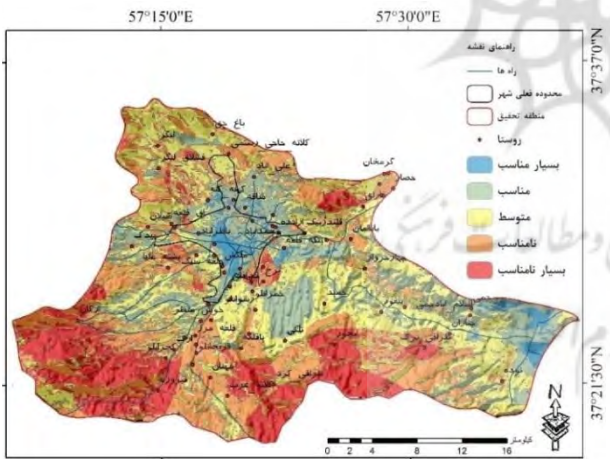
پس از مقایسهٔ دوبه‌دویی بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها سوپر ماتریس اولیه بی‌وزن محاسبه شد. سپس سوپر ماتریس وزن دار (عمومی) محاسبه شد. برای اینکه ابر ماتریس بی‌وزن ما وزن دار شود، نیاز به ابرماتریسی است که جمع ستون‌های آن برابر با یک شود. این ماتریس از حاصل داده‌های ماتریس خوشه‌ای در ابرماتریس وزن دهی نشده و نرمالیزه کردن ماتریس حاصل به دست می‌آید (زبردست، ۱۳۸۹: ۸۲). در نهایت

تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از روش های ANP و AHP و الگوریتم های فازی

The figure displays three screenshots of the Super Decisions software interface, showing the hierarchical structure and pairwise comparison matrices for the ANP analysis. The matrices are organized into clusters and criteria, with numerical values representing the comparisons between nodes.

شکل ۹. محاسبه سوپر ماتریس اولیه، موزون و حدی و تعیین وزن نهایی هر معیار و زیر معیار (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

محدوده های سکونتگاهی اقماری و شهرک های جدید مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۱۰. پهنه های مناسب برای توسعه شهری حاصل از روش ANP (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

روش منطق فازی (Fuzzy Logic)

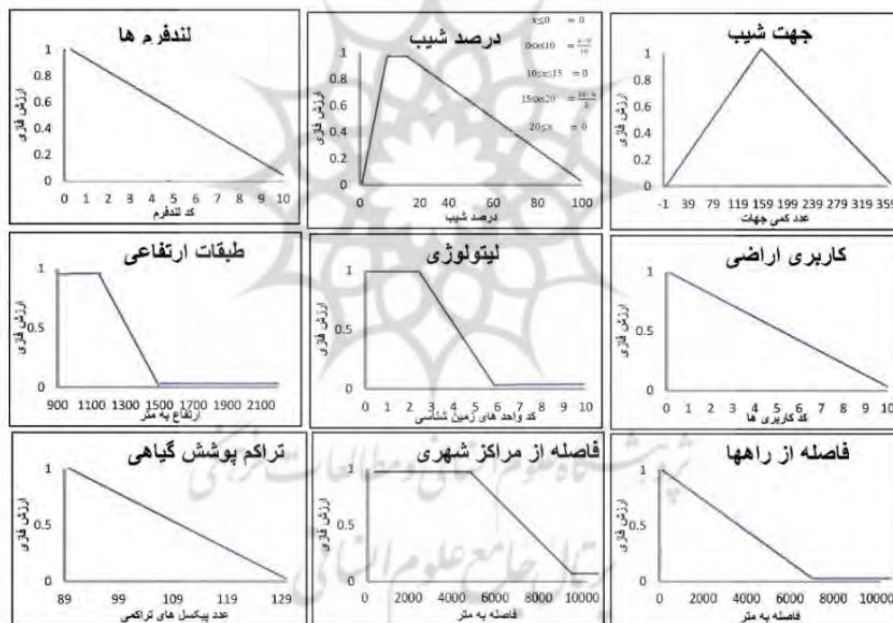
مدل منطق فازی برگرفته از نظریات کلاسیک ریاضی روش بسیار انعطاف پذیر در تعیین معیارها مناسب و

این اوزان در معیارها ضرب شده و نقشه پهنه های مناسب برای توسعه شهری به روش فرایند تحلیل شبکه ANP تهیه شد. مطابق با نقشه نهایی روش مذکور بیش از ۲۷/۸ کیلومترمربع از دشت بجنورد یعنی ۴/۲۶ درصد از منطقه در کلاس بسیار مناسب برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد قرار دارد. ۱۹/۸۱ درصد در کلاس مناسب برای توسعه شهر، ۳۱/۱۶ درصد کلاس متوسط، ۲۸/۱ درصد در کلاس نامناسب و بالغ بر ۱۶/۶۷ درصد از دشت بجنورد به هیچ وجه برای توسعه شهر بجنورد مناسب نبودند (شکل ۱۰).

از همپوشانی نقشه محدوده شهر بجنورد در سال های ۱۳۹۵ و نقشه پهنه بندی این موارد برداشت می شود که کلاس بسیار مناسب دقیقاً منطبق بر محدوده گسترش یافته در شهر از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۵ است. نقشه نهایی تهیه شده با این روش پیشنهاد می کند که شهر می تواند در جهت شمال (محدوده روستای شاقه، کهنه و علی آباد) و جنوب شرق (محدوده تلکی، حمزانلو و ینگه قلعه) گسترش یابد. همچنین محدوده روستای خوش منظر و بیدک می تواند در آینده به عنوان

تعلق می‌گیرد و شیب‌های بالاتر از ۱۵ درصد نیز از لحاظ قوانین شهرسازی نامناسب است و در نتیجه به صورت کاهشی، مقادیری بین ۱ تا ۰ به خود اختصاص می‌دهد. در شکل ۱۱ توابع مورد استفاده برای هر یک از لایه‌ها نشان داده می‌شود. در مورد معیارهای لندفرم، کاربری اراضی و پوشش گیاهی که مقادیری تخصیصی دارند، از تابع کاهشی است. همچنین برای معیارهای ضخامت آبرفت، لرزه‌خیزی، فاصله از گسل، سطح آب زیرزمینی، فاصله از آبراهه، فاصله از مناطق توریستی و فاصله از مرکز شهر، از تابع خطی افزایشی استفاده شده است.

وزن‌دهی به معیارها محسوب می‌شود و کارایی زیادی در علوم زمین دارد. در این تحقیق به منظور تعیین پهنه‌های مناسب برای توسعه فیزیکی شهر با روش فازی، ابتدا لایه‌های استاندارد شده از هر یک از معیارها تهیه، سپس با استفاده از انواع تابع ریاضی دامنه پیکسلی هر نقشه از معیارها، بین اعداد صفر تا ۱ قرار داده شد؛ به طوری‌مثال در رابطه با معیار شیب، شیب‌های کم برای بحث زهکشی شهری بسیار نامناسب است؛ از این رو شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد نامناسب است و هر چه به سمت ۱۰ درصد پیش می‌رویم، بهتر می‌شود. مطابق با مطالعات محققان، بهترین شیب برای توسعه شهر ۱۰-۱۵ درصد است. در نتیجه مقدار ۱ به این بازه



فاکتورهای فاصله از گسل، ضخامت آبرفت، لرزه‌خیزی، ارتفاع سطح آب زیرزمینی، فاصله از مناطق صنعتی و توریستی و فاصله از رودخانه به صورت خطی افزایشی است

شکل ۱۱. الگوریتم‌های مورد استفاده برای هر متغیر در روش فازی

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

نقشه‌ها مطابق با لایه‌های ساخته شده در بازه ۰-۱ است و مقادیر صفر و نزدیک به صفر نشان‌دهنده کمترین قابلیت برای توسعه شهری و مقادیر یک و نزدیک به یک به عنوان بیشترین قابلیت برای توسعه فیزیکی شهر بجزورد است.

این توابع در محیط نرم‌افزار Arc Map و اکستنشن Raster Calculator فرمول‌نویسی شده و برای هر لایه نقشه فازی شده آن تهیه شد. به منظور اختصار در رابطه زیر، نحوه فرمول‌نویسی معیارهای شیب و جهت شیب آورده شده است (رابطه ۲ و ۳). این

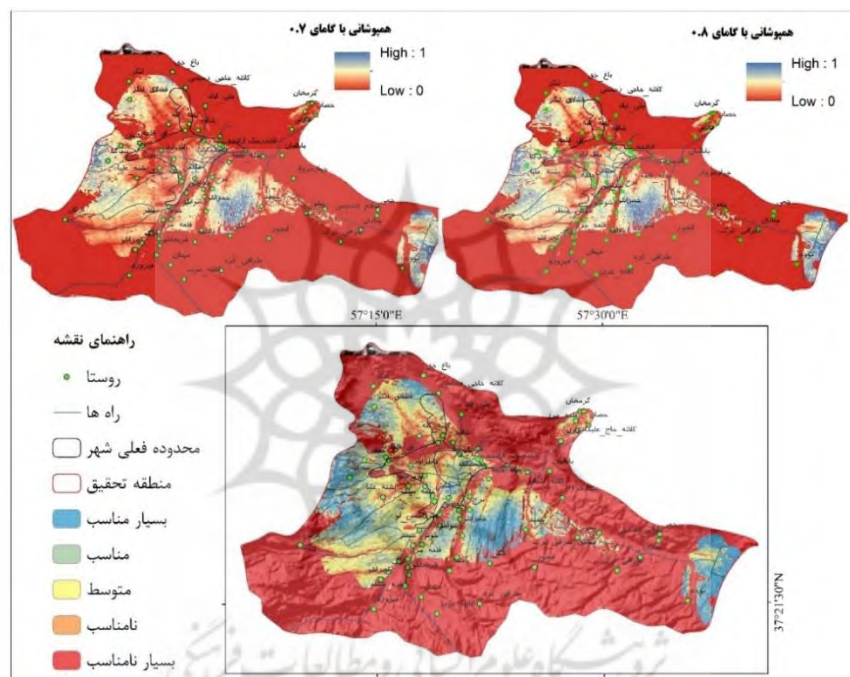
رابطه ۲ و ۳:

$$\text{Fuzzy Slope} = \text{Con}((x \geq 0) \& (x \leq 10), (x - 0) / 10.0, \text{Con}((x \geq 10) \& (x \leq 15), 1, \text{Con}((x \geq 15) \& (x \leq 20), (20 - x) / 5.0, 0)))$$

$$\text{Fuzzy Aspect} = \text{Con}((x > -1) \& (x \leq 180), (x + 1) / 182.0, \text{Con}((x \geq 180) \& (x \leq 360), (360 - x) / 180.0, 0))$$

ضرب جبری فازی گرایش به سمت صفر بیشتر و در نتیجه کلاس مناسب در نقشه بسیار کمتر است (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۹).

در ادامه از عملگرهای ضرب (Product)، جمع (sum) و گامای (Gamma) فازی برای هم پوشانی لایه های فازی شده استفاده شد. عموماً نقشه پایانی حاصل از



شکل ۱۲. پهنه های مستعد توسعه شهر بجنورد حاصل از روش Fuzzy Logic و هم پوشانی با گامای ۰.۷، ۰.۸ و ۰.۹ (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

بجنورد قرار گرفته اند. همان طور که در شکل فوق ملاحظه می شود، این روش با دخالت مؤثر معیارها و شرط های مناسب برای توسعه شهری مانند: دوری از مناطق سیلابی، نوع لندفرم و شیب زمین، در قالب الگوریتم های فازی، مناسب ترین اراضی برای توسعه شهری پیشنهاد داده است؛ از این رو این روش نسبت به روش های ذکر شده از کارایی بهتری برای پهنه بندی اراضی برخوردار است. به خصوص در بحث تعریف

بر اساس انطباق نقشه های تولیدی بر روی تصاویر ماهواره ای مشخص شد، نقشه گامای ۰/۹ مناسب ترین روش برای ارائه پهنه های مناسب برای توسعه شهری است. بر این اساس، ۶/۳۸ درصد از دشت بجنورد در پهنه بسیار مناسب قرار گرفته اند. ۱۰/۱۹ درصد در پهنه مناسب و ۹/۹۵ درصد در پهنه متوسط، ۴/۸۶ درصد در پهنه نامناسب و بیش از ۶۸/۶۲ درصد از دشت بجنورد در محدوده بسیار نامناسب برای توسعه فیزیکی شهر

ریاضی شروط ژئومورفولوژیکی از دقت عمل بالایی برخوردار است و اگر با یک مدل وزن دهی ترکیب شود، می‌تواند مدل فوق‌العاده‌ای در این زمینه محسوب شود.

نتیجه‌گیری

مادامی که طبیعت و انسان در تقابل با یکدیگر قرار گیرند، موجی از ناهماهنگی، پیچیدگی و تضادها در نظام طبیعی زمین به وجود می‌آید. در حقیقت این انسان است که در قلمرو طبیعت پا گذاشته و آن را دگرگون می‌کند. این دگرگونی‌ها اگر همراه با درک و لحاظ کردن شرایط محیطی و طبیعی اکوسیستم‌ها در تصمیم‌گیری‌ها باشد، پایداری محیط بیشتر و تعارض‌های محیطی و بلایای طبیعی و انسانی کمتر می‌شود؛ ولی اگر تجاوز به محیط طبیعی ویرانگر و براساس منافع اقتصادی و سیاسی باشد، زمینه‌ساز انواع مختلف بحران‌هاست. شهرها کانون برخورد و تبادلات انسان و محیط است و اگر در نظام‌های شهری به این مهم توجه نشود، زمینه‌ساز چالش‌های زیست‌محیطی، بلایا و مخاطرات طبیعی و معطلات اجتماعی می‌شود. در این تحقیق با هدف تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد به عنوان مرکز سیاسی - اداری استان خراسان شمالی، سعی شده با تحلیلی جغرافیایی و ژئومورفولوژیکی دشت بجنورد بهترین عرصه‌ها برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد معرفی شد و کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و الگوریتم‌های فازی در این موضوع مورد بررسی قرار گیرد. جمعیت شهر بجنورد از سال ۱۳۴۵ تا سال ۱۳۹۵ به مدت ۵۰ سال ۳۱۰۰۰ به ۲۲۸۰۰۰ نفر افزایش داشته‌است (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۷) که براساس مصوبه دولت در سال ۱۳۸۳ بجنورد به عنوان مرکز خراسان شمالی انتخاب شد و در همین سال آیین نامه آن اجرایی شد و نقطه عطفی برای تحولات

جمعیتی شهر بجنورد محسوب می‌شود. در همین فاصله زمانی رشد طبیعی جمعیت شهری، مهاجرت روستاییان به شهر، مهاجرت از سایر استان‌ها به شهر بجنورد و با ادغام روستاها نیاز به گسترش شهر بیش از پیش احساس شد. توسعه فضایی شهر بجنورد منجر به تغییر کاربری گسترده زمین‌های کشاورزی به اراضی مسکونی و کاربری‌های اداری و آموزشی در شهر شد. افزایش محدوده شهری و تغییرات ناگهانی کاربری‌ها باعث ایجاد معضلات و مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی در سطح شهر شده، قیمت زمین فوق‌العاده افزایش یافته و منجر به حاشیه‌نشینی شهری شد. با همپوشانی نقشه محدوده شهر در دو بازه زمانی ۱۷ ساله نشان می‌دهد مساحت محدوده شهری در سال ۱۹۹۹، مقدار ۲۸/۳۶ کیلومتر مربع بوده‌است که این میزان در ۲۰۱۶ به رقم ۳۸/۳۸ رسیده که حاکی از آن است که ۱۰/۱۱ کیلومتر مربع به وسعت شهر افزوده شده‌است. ۵/۳ درصد از محدوده‌های افزایش یافته در کلاس کاربری باغی، ۴/۰۵ در کلاس اراضی کشاورزی، ۷/۵ در کلاس مراتع درجه ۱ و ۱۷/۸۹ درصد در کلاس درجه ۲ و ۶۵/۰۹ درصد در محدوده‌های سایر اطراف شهر و روستاها واقع شده‌اند.

از همپوشانی نقشه محدوده شهر بجنورد در سال‌های ۱۳۹۵ و نقشه پهنه‌بندی این موارد برداشت می‌شود که کلاس بسیار مناسب دقیقاً منطبق بر محدوده گسترش یافته در شهر از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۵ است. این روش اثر مخاطره‌آمیز رودخانه‌های جنوبی شهر بجنورد از جمله بش‌قارداش و الله‌وردی خان و گریوان را لحاظ کرده و نواحی که از لحاظ ژئومورفولوژیکی به هیچ‌عنوان مناسب برای توسعه شهر نیست. به‌طور کامل از فرایند پهنه‌بندی کنار گذاشته و پهنه‌های مناسبی برای توسعه فیزیکی شهر پیشنهاد می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد، روند رشد شهر بجنورد در ارتباط مستقیم با خطوط ارتباطی و

اکبری، الهه؛ کاویان، فرزانه. (۱۳۹۶). ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه فیزیکی شهر سبزوار به روش فازی سلسله مراتبی. برنامه ریزی و آمایش فضا، صاحب امتیاز: دانشگاه گرگان، شماره ۲۵، صص ۸۹-۱۰۲.

http://gps.gu.ac.ir/article_54242.html

امیراحمدی، ابوالقاسم؛ شکاری بادی، علی؛ معتمدی راد، محمد؛ بینقی، مریم. (۱۳۹۴). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل ANP (مطالعه موردی: حوضه پیوه زن دامنه جنوبی بینالود). پژوهش های ژئومورفولوژی کمی. صاحب امتیاز: انجمن ایرانی ژئومورفولوژی. شماره ۳، صص ۲۱۴-۲۳۰.

http://www.geomorphologyjournal.ir/article_78013.html

پورطاهری، مهدی. (۱۳۸۹). کاربرد روش های تصمیم گیری چندشاخصه در جغرافیا. چاپ اول، تهران: انتشارات سمت.

<https://www.adinehbook.com/gp/product/9645305565>

ثروتی، محمدرضا؛ خضری، سعید؛ رحمانی، توفیق. (۱۳۸۹). بررسی تنگناهای طبیعی توسعه فیزیکی شهر سنندج. پژوهش های جغرافیای طبیعی. صاحب امتیاز: دانشگاه تهران، شماره ۶۷، صص ۲۵-۴۰.

https://jphgr.ut.ac.ir/article_21393.html

حاتمی نژاد، حسین؛ قربانی، رامین؛ فرهادی، ابراهیم. (۱۳۹۸). بررسی روند توسعه فیزیکی کلان شهر کرمانشاه و ارائه الگوی بهینه جهات رشد. نشریه آمایش جغرافیایی فضا، صاحب امتیاز: دانشگاه گرگان، شماره ۳۱، صص ۹۱-۱۱۲.

http://gps.gu.ac.ir/article_90110.html

حاجی زاده وادقانی، بهاره؛ بالیست، جهانرخش؛ کریمی، سعید. (۱۳۹۷). مکان یابی توسعه شهری با منطق فازی و ترکیب خطی وزنی و تکنیک تصمیم گیری فرایند تحلیل شبکه ای (مطالعه موردی: شهرستان کاشان). فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، صاحب امتیاز: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، شماره ۱۰۵، صص ۲۱۹-۲۳۳، ۲۷(۱۰۵)، ۲۳۲-۲۳۳.

http://www.sepehr.org/article_31496.html

حسین زاده دلیر، کریم؛ هوشیار، حسن (۱۳۸۵). دیدگاهها، عوامل و عناصر مؤثر در توسعه فیزیکی شهرهای ایران. جغرافیا و توسعه ناحیه ای صاحب امتیاز دانشگاه فردوسی مشهد، ماره ۶ صص ۲۱۳-۲۳۶.

<https://jgrd.um.ac.ir/article/view/3113>

مواصلاتی به شهر است و این روند باعث ایجاد الگوی ستاره ای- شعاعی شهر بجنورد شده است و پیشنهاد می شود در جهت توسعه شهر مطابق با طرح جامع در راستای غربی (جاده گرگان)، جنوب غربی (جاده اسفراین) و در صورت نیاز به احداث شهرهای جدید در حوالی روستای لنگر و پایین دست روستای حمید اقدام شود. نواحی جنوب شرقی، شرق و شمال شرق بجنورد به علت وجود جاذبه های اکوتوریستی و همچنین وجود مخاطرات سیلاب و همچنین وجود زمین های حاصلخیز به هیچ عنوان برای ساخت و ساز و توسعه شهر مناسب نبوده و شهرداری نیز باید با اتخاذ اقدامات مناسب از حاشیه نشینی در این محدوده فوق العاده طبیعی جلوگیری کند. روستاهای حمزانلو، برج، ینگه قلعه نیز در حال رشد و الحاق آن به شهر بجنورد است و این مسئله از نقطه نظر مخاطرات طبیعی و معضلات اجتماعی حاشیه نشینی در آینده می تواند موجبات مشکلات عدیده ای در مدیریت شهری شهر بجنورد ایجاد کند. در تحقیقات آتی، پیشنهاد می شود از روش ترکیبی فازی-تحلیل شبکه (FANP) استفاده شود؛ به این دلیل که مرحله وزن دهی به معیارها در روش ANP و مرحله شرط گذاری برای هر معیار در روش منطق فازی بسیار دقیق و علمی اجرا می شود و ترکیب این دو خصیصه می تواند نقشه جامع و کاربردی تری برای پهنه بندی اراضی ارائه دهد.

منابع

اقدرد، حسین؛ محمدیاری، فاطمه؛ پورخیز، حمیدرضا؛ رحیمی، وحید. (۱۳۹۶). مقایسه دو روش تصمیم گیری Fuzzy-AHP و ANP به منظور رتبه بندی تناسب اراضی به منظور کاربری اکوتوریسم (مطالعه موردی: منطقه خائیز بهبهان). پژوهش های جغرافیای انسانی، ۴۹ صاحب امتیاز: دانشگاه تهران شماره (۳)، صص ۶۲۱-۶۳۵.

https://jhgr.ut.ac.ir/article_57276.html

۱۳۹۵. فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، صاحب‌امتیاز: دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، شماره ۳۹، صص ۳۴۱-۳۶۰.

http://geography.journals.iau-garmsar.ac.ir/article_543568.html

سند توسعه خراسان شمالی. (۱۳۹۰). سازمان برنامه و بودجه کشور.

شایان، سیاوش؛ شکیبافر، محمدحسین؛ زارع، غلامرضا؛ رحیمی، حجت. (۱۳۹۴). اثرات لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی بر محورهای توسعه فیزیکی شهرها. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، صاحب‌امتیاز: دانشگاه اصفهان، شماره ۲۶، صص ۱۴۴-۱۶۴.

http://gep.ui.ac.ir/article_18720.html

شهماری اردجانی، رفعت. (۱۳۹۴). جایگاه نقشه ژئومورفولوژی در توسعه فیزیکی سکونتگاه‌های شهرستان آستارا. مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی صاحب‌امتیاز: دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت شماره ۳۰، صص ۸۵-۹۸.

http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_514696.html

طرح جامع شهر بجنورد (۱۳۸۹) جلد سوم مطالعات کالبدی، سازمان مسکن و شهرسازی خراسان شمالی.
طرح هادی شهر بجنورد. (۱۳۷۴) سازمان مسکن و شهرسازی خراسان شمالی.

قدسی پور، حسن. (۱۳۸۵). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

<https://www.adinehbook.com/gp/product/9644630564>

مالچفسکی، یاچک. (۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌چندمعیاری، ترجمه اکبر پرهیزگار و عطا غفاری گیلانده، تهران: انتشارات سمت.

<https://www.adinehbook.com/gp/product/9645301149>.

نظم‌فر، حسین؛ موسوی، میرنجم، آفتاب، احمد، عشقی، علی. (۱۳۹۵). ارزیابی توان اکولوژیکی شهرستان ارومیه جهت توسعه شهری با استفاده از ANP و GIS. فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، صاحب‌امتیاز: دانشگاه سیستان و بلوچستان، شماره ۴۱، صص ۴۷-۶۲.

http://gaij.usb.ac.ir/article_2833.html

حسینی، هاشم؛ کرم، امیر؛ صفاری، امیر؛ قنواتی، عزت‌اله؛ بهشتی جاوید، ابراهیم. (۱۳۹۰). ارزیابی و مکان‌یابی جهات توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل منطق فازی (مطالعه موردی: شهر دیوان‌دره). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، صاحب‌امتیاز: دانشگاه خوارزمی، شماره ۱۱، صص ۸-۱.

<https://jgs.khu.ac.ir/article-1-634-fa.html>

زبردست، اسفندیار. (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. هنرهای زیب، صاحب‌امتیاز: دانشگاه تهران، شماره ۱۰، صص ۱۳-۲۱.

https://jhz.ut.ac.ir/article_13624.html

زبردست، اسفندیار. (۱۳۸۹). کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، صاحب‌امتیاز: دانشگاه تهران، شماره ۴۱، صص ۷۹-۹۰.

https://jfaup.ut.ac.ir/article_22270.html

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی خراسان شمالی. (۱۳۹۶) گزیده نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن استان خراسان شمالی.

ساعی، ایرج. (۱۳۹۲). تحلیل روند تحولات شهرنشینی در استان‌های ایران (۸۵-۱۳۳۵). فصلنامه مطالعات علوم اجتماعی ایران، ۱۰ صاحب‌امتیاز: دانشگاه آزاد اسلامی واحد خلخال شماره ۲ صص ۴۳-۷۲.

http://journal.aukh.ac.ir/article_527944.html

سرور، هوشنگ؛ خیری‌زاده آروق، منصور؛ لاله‌پور، منیژه. (۱۳۹۳). نقش عوامل محیطی در امکان‌سنجی توسعه فیزیکی بهینه شهر ملکان. فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، صاحب‌امتیاز: دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، شماره ۱۸، صص ۹۵-۱۱۴.

سرور، هوشنگ؛ خیری‌زاده، منصور. (۱۳۹۶). ارزیابی توسعه فیزیکی درون‌زا و برون‌زای شهر مراغه و ارائه الگوی بهینه، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، صاحب‌امتیاز: دانشگاه تربیت مدرس، شماره سوم، صص ۱۴-۲۸.

http://jupm.miau.ac.ir/article_542.html

سلیمانی مهرنجانی، محمد؛ مرصوی، نفیسه؛ دیوسالار، اسدالله؛ شهاب‌الملک فرد، جعفر. (۱۳۹۷). تحلیل عوامل و فرایندهای محلی در تحولات فضایی شهر بجنورد طی سال‌های ۱۳۴۵ تا

- network (case study: Bojnourd city). The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 20(1), 31-40.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S110982316300618>
- Pilehvar, A. A., & Hoseini, G. (2019). Assessment and Zoning of Bojnord City in Terms of Seismic Hazards. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, 43(1)1-11.
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s40996-019-00248-0>.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority. Resource Allocation. RWS Publications, USA.
- Saaty, T.L., (2005) "Theory and Applications of The Analytic Network: Decision Making With Benefits, Opportunities, Costs And Risks" page.47, RWS.Publication USA, 2005.
- Sabri, S., & Yaakup, A. (2008). Multi-criteria decision making for urban sprawl, using Analytic Network Process and GIS, Case of Iskandar Malaysia Region.
- <https://www.academia.edu/download/7910727/map08p01.pdf>
- Sui, D. Z. (1992). A fuzzy GIS modeling approach for urban land evaluation. Computers, environment and urban systems, 16(2), 101-115.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/019897159290022J>
- Wang, H. O., Tanaka, K., & Griffin, M. F. (1996). An approach to fuzzy control of nonlinear systems: Stability and design issues. IEEE transactions on fuzzy systems, 4(1), 14-23.
- <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/481841/>
- Yu, J. R., & Shing, W. Y. (2013). Fuzzy analytic hierarchy process and analytic network process: An integrated fuzzy logarithmic preference programming. Applied Soft Computing, 13(4), 1792-1799.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494612004991>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001999586590241X>
- Chapin F Stuart J. and Kaiser Edward J. 2009: urban Land use Planning, university of Illinois, Press urban and Chicago.
- <https://wuve.pw/14-03-51.pdf>
- Cheng, E. W., Li, H., & Yu, L. (2005). The analytic network process (ANP) approach to location selection: a shopping mall illustration. Construction Innovation, 5(2), 83-97.
- <https://www.ingentaconnect.com/content/mcb/ci/2005/00000005/00000002/art00003>
- Gebeyehu, M., & Shin-ei, T. (2007). Multi-Criteria Decision Making for Public Transportation Development Projects Using Analytic Network Process (ANP). In Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies The 7th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2007 (pp. 38-38).
- https://www.jstage.jst.go.jp/article/eastpro/2007/0/2007_0_38/article-char/ja/
- Juang, C. H., Lee, D. H., & Sheu, C. (1992). Mapping slope failure potential using fuzzy sets. Journal of geotechnical engineering, 118(3), 475-494.
- [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1992\)118:3\(475\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9410(1992)118:3(475))
- Lee, G. K., & Chan, E. H. (2008). The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of urban renewal proposals. Social indicators research, 89(1), 155-168.
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-007-9228-x>
- Malmir, M., Zarkesh, M. M. K., Monavari, S. M., Jozi, S. A., & 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), 447.
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-016-5401-5>
- Mosadeghi, R., Warnken, J., Tomlinson, R., & Mirfenderesk, H. (2015). Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. Computers, Environment and Urban Systems, (49), 54-65.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971514001100>
- Novin, M. S., & Khosravi, F. (2017). Simulating urban growth by emphasis on connective routes