مهندسی جغرافیایی سرزمین
شاپای چاپی ۱۴۹۰- ۲۵۳۸
شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲- ۲۵۳۸
www.jget.ir

دوره ۹، شماره ۲ (پیاپی ۲۴)، تابستان ۱۴۰۴، صص. ۱-۲۰
DOI: 10.22034/jget.2024.402490.1499

مقاله پژوهشی

کارایی روش تلفیقی FANP در پهنه‌بندی اراضی دشت بجنورد به منظور توسعه فیزیکی ـ محیطی شهر بجنورد

ابراهیم تقوی‌مقدم[۱*]، ابراهیم امیری[۲]، حسن پارسی‌پور [۳]، محمد سلمانی‌مقدم[۴]

۱. عضو هیات علمی گروه علوم اجتماعی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۲. عضو هیات علمی گروه علوم انسانی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۳. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه کوثر بجنورد، بجنورد، ایران.

۴. استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: e.taghavi@cfu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۵ خرداد ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۶ خرداد ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: سالانه هزاران هکتار از اراضی مرغوب و حاصلخیز در حواشی شهرها با مدیریت ناکارآمد شهری تبدیل به اراضی مسکونی و شهری می‌شود. در حالی می‌توان با آمایش و مدیریت اراضی با استفاده از روش‌های نوین، کمترین لطمه به محیط‌زیست شهری وارد شود و اراضی به تناسب کاربری‌های مورد نیاز تخصیص می‌یابد. افزایش روزافزون جمعیّت شهرنشین، تبدیل روستاهای بزرگ به شهر و پذیرفتن نقش جدید اداری و سیاسی باعث گسترش محدوده‌های شهری می‌گردد و باعث معضلات آمایش شهری و زیست‌محیطی چون حاشیه‌نشینی، زمین خواری، بزهکاری و اسکان غیر رسمی می‌گردد.

هدف از این پژوهش، پهنه‌بندی اراضی دشت بجنورد به منظور بهینه‌یابی اراضی جهت توسعه فیزیکی شهر بجنورد به عنوان مرکز استان خراسان شمالی، با استفاده از روش تلفیقی فازی- تحلیل شبکه(FANP) می‌باشد.

روش شناسی: در این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. با توجه به خصوصیات جغرافیایی منطقه ۱۵ شاخص مهم و اساسی در ۴ گروه اصلی ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، کاربری و محیطی، دسترسی، دسته‌بندی و در ژئودیتابیس نرم افزار ARC MAP ذخیره و برای اعمال الگوریتم‌های فازی و روش تحلیل شبکه مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت با استفاده از روش تلفیقی ANP -FUZZY بهترین پهنه‌های جهت توسعه فیزیکی کالبدی شهر بجنورد معرفی و مورد ارزیابی قرار گرفت.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: محدوده دشت بجنورد در استان خراسان شمالی می‌باشد و چند سالی است که با استان شدن این خطه از کشور به شدت مورد مهاجرت درون شهری از مناطق روستایی اطراف شده است.

یافته‌ها و بحث: طبق شواهد و یافته‌ها، افزایش نرخ رشد جمعیت شهری، افزایش وسعت شهر و تغییر کاربری‌ها در آینده اجتناب‌ناپذیر است. باتوجه به کوهستانی بودن منطقه، اختصاص زمین به این منظور محدودیت‌هایی وجود دارد. طبق محاسبات انجام شده روش فازی در اختصاص شرط‌های ریاضی و جبری و ایجاد لایه‌های اطلاعاتی دقیق و علمی و روش ANP در وزن‌دهی شایسته به آلترناتیوها بسیار کارا و مناسب است و روش تلفیقی آنها نقشه بسیار دقیق و جامعی برای پهنه‌بندی اراضی به منظور توسعه شهری ارایه می‌دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج روش FANP نشان می‌دهد ۱۹/۱۱ درصد از مساحت دشت بجنورد در کلاس بسیار مناسب قرار دارند. نواحی غربی شهر بجنورد در مسیر جاده بجنورد به گرگان و نواحی شمالی شهر بجنورد و در حوالی روستای لنگر اراضی جنوب شرق شهر بجنورد در حوالی روستای برج و حمید مناسب و مستعد ذکر شده است که این نواحی از نظر فاکتورهای ژئومورفولوژیکی برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد بسیار مناسب و قابل قبول به نظر می‌رسد.

کلیدواژه‌ها: بجنورد، توسعه فیزیکی، تحلیل شبکه(ANP)، الگوریتم‌های فازی، روش تلفیقی FANP.

مقدمه

رشد جمعیت‌های شهری می‌تواند باعث ایجاد تغییرات فاحشی در اکوسیستم‌های زیست‌محیطی و تعاملات اجتماعی و اقتصادی ناحیه‌ای و زیرساخت‌ها بگذارد(Marshall2007:1890). افزایش جمعیت در محیط‌های شهری تراکم جمعیت را بالا می‌برد و این خوشایند نیست باعث ایجاد مشکلات مدیریت شهری و زیست‌محیطی می‌گردد لذا شهرها رشد کرده و تمامی اراضی مرغوب و حاصلخیز را در بر می‌گیرند(Sui 1992:114). دگرگونی‌های 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 سالهٔ ۱۳۳۵-۱۳۸۵ در حدود ۳۶/۷۶ درصد بوده است (ساعی ۱۳۹۲:۴۴) این فرآیند دراثر دو رخداد گسترده در سطح کشور شامل افزایش جمعیت و در برابر آن مهاجرت به شهرها رخ داد. این رخداد اگر چه بر اثر اتخاذ سیاست‌های جمعیتی و اصلاحات ارضی بوقوع پیوست اما تبعات و آثار آن مورد توجه قرار نگرفت و به دلیل عدم توجه به وجود امکانات و زیرساخت های لازم برای این اتفاق بزرگ، باعث ایجاد چالش ها و مشکلات عدیده‌ای در مدیریت شهری اکثر شهرهای ایران شد. از سوی دیگر محیط‌های جغرافیایی محل استقرار انسان به عنوان وارث زمین کاملا تحت تاثیر عوامل محیطی بویژه ژئومورفولوژی می‌باشد(شهماری‌اردەجانی، ۱۳۹۴:۸۷). زیرا عوارض و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی تاثیر زیادی در مکان گزینی، حوزه نفوذ، توسعه فیزیکی و مورفولوژیک شهرها دارد(ثروتی و همکاران، ۱۳۸۸:۲۷) شهر بجنورد در دهه‌های گذشته شاهد تغییر و تحولات متعددی قرار گرفته که باعث شده محدوده وسیعی از روستاهای منطقه تبدیل به شهر شده و اراضی بکر و حاصلخیز کشاورزی و مراتع تبدیل به اراضی کشاورزی شده است (Novin, and Khosravi ۲۰۱۷). در اثر تبدیل شهر بجنورد به مرکز استان خراسان شمالی در سال ۱۳۸۳ چهره روستا شهری این شهر کاملاً تبدیل به یک کلانشهر بزرگ شد و این درحالی بود که توپوگرافی و وضعیت خاص ژئومورفولوژی دشت بجنورد باعث رشد ناموزون و اختصاص زمین‌های نامناسب و عمدتا پر شیب برای توسعه شهری شد(فارسی و یوسفی، ۱۳۹۲) سیستم اطلاعات جغرافیائی ابزاری قدرتمند در پاسخگوئی به نیازهای مطالعاتی و کاربردی به خصوص تعیین جهات مناسب گسترش شهری محسوب می‌شود. هدف اصلی در مکان‌یابی به عنوان یک تحلیل مکانی متداول در GIS جلوگیری از هدر رفتن زمان و هزینه‌ها و تعیین حداکثر کارائی است (حسینی،۱۳۹۰:۶۳). همان طوری که مسائل مربوط به فرم و فرایند های زمین و استقرار شهر و توسعه آن از پیچیدگی خاصی برخوردار است لذا باید از ترکیب و یکپارچه سازی تحلیل تصمیم چند معیاری[1] و سیستم اطلاعات جغرافیائی برای ارزیابی دقیق آن‌هاجهت تصمیم‌گیری مناسب بهره جست (مالچفسکی۲۰۰۶:۶۵).

در مورد محدوده شهر بجنورد تا کنون مطالعات مختلفی صورت گرفته است. در سال۱۳۹۲ فارسی و یوسفی تغییرات کاربری اراضی دشت بجنورد را مورد پایش و ارزیابی قرار داده و نرخ افزایش سکونتگاه‌های شهری در دشت بجنورد از ۱۷٪ در سال ۱۳۷۷ به ۳۷٪ درسال ۱۳۹۲ محاسبه نموده است که باعث تخریب سطح وسیعی از کاربری های کشاورزی و باغات شده است. حسین پور وهمکاران ۱۳۹۲ به بررسی توصیفی تاثیرات اکولوژیکی بر توسعه کالبدی شهر بجنورد پرداخته و مهاجرت‌های درونزا و برونزا را در توسعه کالبدی شهر بجنورد مهم می‌داند. یادگار زاده و همکاران ۱۳۹۲ به مکانیابی محل مناسب جهت دفن پسماند شهر بجنورد با استفاده از تلفیق منطق بولین، WLC و OWA پرداخته است. سلیمانی و همکاران ۱۳۹۷ به تحلیل عوامل و فرآیندهای محلی در تحولات فضایی شهر بجنورد در خلال سال‌های ۱۳۴۵-۱۳۹۵ پرداخته و انتخاب شهر به عنوان مرکزیت اداری و سیاسی را به عنوان نقطه عطفی در تحولات شهری بجنورد معرفی می‌کند. Novin, and Khosravi(۲۰۱۷) در پروژه تحقیقی خود اقدام به شبیه سازی رشد شهری در بازه ۲۰۲۰-۲۰۵۰ نموده است و نقش شبکه‌های ارتباطی را در جهات توسعه آینده شهر تاثیرگذار معرفی می‌کند. در زمینه کاربرد مدل‌های تحلیل شبکه و الگوریتم‌های فازی و فازی-تحلیل شبکه در

1- Multi-Criteria Decision Making
2- MCDM

استخراج و معرفی مناسب‌ترین اراضی برای توسعه فیزیکی شهرها مطالعات گسترده‌ای در سطح جهان و ایران انجام شده است. دلیر و هوشیار ۱۳۸۵ دیدگاه‌ها، عوامل و عناصر موثر در توسعه فیزیکی شهرهای ایران، ساعی ۱۳۹۲به تحلیل روند تحولات شهرنشینی در استان‌های ایران و نصیری و ناصر مقبل ۱۳۹۵ به تشریح عوامل موثر در توسعه فیزیکی پرداخته است. نگارش ۱۳۸۲، کاربرد ژئومورفولوژی را در مکان‌گزینی شهرها و پیامدهای آن مورد بررسی قرار داده است و نقش این علم را در جلوگیری از مخاطرات ژئومورفولوژیکی از جمله سیلاب، زلزله و... موثر می‌داند. حسین-زاده و همکاران ۱۳۹۳ به بررسی محدودیت‌های ژئومورفولوژیک برای توسعه شهر کرمانشاه پرداخته‌اند و انصاری لاری و همکاران تنگناه‌های توسعه شهر ایلام را مورد ارزیابی قرار دادند. شایان و همکاران ۱۳۹۴ با بررسی آثار لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی بر محورهای توسعه فیزیکی شهر داراب را مورد بررسی قرار داده و قرآیند های حرکات توده‌ای، و ژئومورفولوژی جریانی منطقه را در روند توسعه شهر داراب موثر قلمداد می‌کند. ملکی و عزیزی ۱۳۹۳ تنگناهای توسعه فیزیکی شهر پاوه را مورد تحلیل قرار دادند. شریفی‌کیا و همکاران توسعه فیزیکی شهرها را از نقطه نظر مخاطرات ژئومورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار دادند، مقیمی و صفاری ۱۳۸۸فتوحی ۱۳۹۳ به سیلاب‌های شهری و نقش آن در جهات توسعه پرداختند. مقصودی و مرادی‌پور۱۳۹۲، شهماری‌ارده‌جانی ۱۳۹۴ با توجه خاص به نقشه‌های ژئومورفولوژی به پهنه بندی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی شهر پرداخته‌اند.

شکوهی و شاددل ۱۳۹۷ از مدل رگرسیون لاجستیک و منحنی ROC به ارزیابی جهات توسعه برای توسعه فیزیکی شهر پرداختند. در مورد روش ANPاولین بار زبردست ۱۳۸۹ به کاربرد فرآیند تحلیل شبکه در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای پرداخت. بعد ازوی قنواتی و همکاران ۱۳۹۰، تقوایی و همکاران ۱۳۹۲، پور احمد و همکاران ۱۳۹۳، نصیری و احمدی۱۳۹۳ ، نظم فر و همکاران ۱۳۹۵، صفایی‌پور و همکاران ۱۳۹۵ از این روش در موضوع توسعه فیزیکی شهرهای ایران استفاده کردند.

کرم و همکاران ۱۳۹۵، قنواتی و دلفانی ۱۳۹۲- حسن زاده و پناهی ۱۳۹۴-بهشتی جاوید و همکاران ۱۳۹۴ و حسنی و همکاران ۱۳۹۰از الگوریتم های منطق فازی و اعمال آنها بر معیارهای کاربردی برای پهنه‌بندی اراضی جهت توسعه شهری استفاده کردند. محققانی مانند سرور و همکاران ۱۳۹۳ حاجی زاده وادقانی ۱۳۹۷ اکبری و کاویان ۱۳۹۶ کرم و همکاران ۱۳۹۵ پورطاهری و همکاران ۱۳۹۵ نیز از ترکیب روش‌های مذکور برای ارزیابی تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی به ترتیب برای شهرهای ملکان، کاشان، سبزوار، شیراز و آذر شهر استفاده نمودند. ملکیان و همکاران ۱۳۹۱ از روش ترکیبی AHP و فازی برای پهنه‌بندی سیلاب برای حوضه آبریز اخترآباد استفاده نموده است و ترکیب این دو روش را مناسب ارزیابی می‌کند. عشورنژاد و همکاران ۱۳۹۲ اقدام به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) در شناسایی مکان بهینهٔ ایستگاه‌های انتقال پسماند برای شهرستان اصفهان نمودند.

Sui ۱۹۹۲ سیرتحولات اراضی شهر jiningچین را با استفاده از روش فازی و منطق بولین بر مبنای GIS مورد بررسی قرار داده است Watersو همکاران ۱۹۹۶ نقش ملاحضات زمین شناسی را دربرنامه‌ریزی و توسعه متروپلیتن Bradford مورد ارزیابی قرار می‌دهد و وجود محدوده‌های بکر معدنی، محدوده‌های سیلگیر و پوشش جنگلی اطراف شهر را به عنوان عامل بازدارنده در توسعه شهری معرفی می‌کند. Camagni و همکاران ۲۰۰۲ به تحرک و شکل متروپلیتن میلان در کشور ایتالیا در ارتباط با ارزش‌های محیطی و اجتماعی می‌داند. Kurtener and badenko در سال ۲۰۰۹ در تحقیقی به کاربرد منطق فازی در تحلیل و ارزیابی کاربری اراضی بر پایه GIS پرداختند. Chang و همکاران ۲۰۰۸ با ارایه روش FMCDM که در حقیقت ترکیب روش AHP و FUZZY محل دفن زباله شهری را با توجه به رشد جمعیت شهر Harlingenدر ایالت تگزاس آمریکا مکانیابی نموده اند. Lotfi و همکاران (۲۰۰۹) توسعه زمین شهری را با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS در شهر بابلسر انجام داده و بخش‌های جنوبی شهر را به عنوان اراضی مستعد معرفی کرده‌اند. Kordi, M., & Brandt ۲۰۱۲ در تحقیق خود از تصمیم‌گیری چند معیاره به همراه فازی سازی معیارها به عنوان یک مدل بسیار قوی برای حل مشکلات یاد می‌کنند. همچنین عدم همخوانی فازی سازی لایه‌ها و اوزان اختصاص داده شده در روش‌های MCDM را باعث عدم دستیابی به نتایج دقیق در

تحقیق می‌دانند. Tadic و همکاران ۲۰۱۴ به مکانیابی مناطق لجستیکی و آماد شهری شهر San Antonio در تکزاس آمریکا با روش‌هایfuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR پرداخته و روش ترکیبی fuzzy ANPرا برای این منظور مناسب ارزیابی نمودند. Feizizadeh و همکاران ۲۰۱۴ از روش فازی و AHP برای پهنه‌بندی مناطق مستعد خطر زمین‌لغزش در محدوده شهرستان ایذه استفاده نمودند. Dadras و همکاران ۲۰۱۴ به ارزیابی اراضی نواحی ساحلی بندرعباس به منظور توسعه شهری پرداخته و ترکیب دو روش فازی و AHP را برای این منظور مناسب ارزیابی کرده است و در نهایت از روش Topsisبرای اولویت‌بندی جهات توسعه شهری استفاده کرده است. Xu و همکاران ۲۰۱۲ با استفاده از روش AHPبه ارزیابی تناسب زمین به منظور توسعه فیزیکی شهرپرداختند. Thornbush ۲۰۱۵ در یک پژوهش تحلیل به بررسی کاربردهای علم ژئومورفولوژی شهری در پایداری نواحی پردازد. Mosadeghi و همکاران ۲۰۱۵ با هدف مدیریت کاربری اراضی شهری با تاکید بر نواحی صنعتی در منطقه Queensland استرالیا از روش AHP و روش تلفیقی AHP-Fuzzy نموده است. بدین منظور از ۴معیار اصلی و ۲۴ زیرمعیار استفاده نموده است.Ahmed و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی نقش پارامترهای ژئومورفولوژی یکی و زمین شناسی در ارزیابی پتانسیل زمین‌های شهری برای توسعه شهر جده عربستان با روش AHPپرداخته است. Kabak و همکاران ۲۰۱۶ از روش ترکیبی SWOT-FANPبه تدوین استراتژی مدیریت انرژی در ترکیه پرداخته است. Malmir و همکاران ۲۰۱۶ با استفاده از روش WLCبه معرفی بهترین مناطق برای توسعه متروپلیتن اهواز پرداخته و برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی خود از تحلیل شبکه و منطق فازی استفاده نموده تا بتواند بهترین لایه‌های اطلاعاتی برای مدل خود را تهیه نماید و نواحی شمالی اهواز را برای توسعه شهر مناسب معرفی و تلفیق مدل ANP-FUZZY را بسیار مناسب ارزیابی می‌کند.RazaviToosi& Samani ۲۰۱۶ به ارزیابی مدیریت آب در حوضه‌های آبخیز با استفاده از FANPپرداخته است , Kahsay و همکاران ۲۰۱۸ از ترکیب روش فازی و AHP به ارزیابی زمین به منظور تعیین و توسعه کشت نیشکر در بخش Hintaloاتیوپی نمودند و حاصلخیزترین مناطق را براساس ۲۱ فاکتور اساسی مورد بهینه‌یابی و معرفی کردند. Purnamasari وهمکاران ۲۰۱۹ با استفاده از ۹ فاکتور عمده ژئومورفولوژیکی به ارزیابی زمین به منظور کشت محصول کاسوا (نوعی ریشه نشاسته‌دار) در استان Banten در اندونزی اقدام نموده و بهترین مناطق برای کشت این محصول را معرفی نمودند.

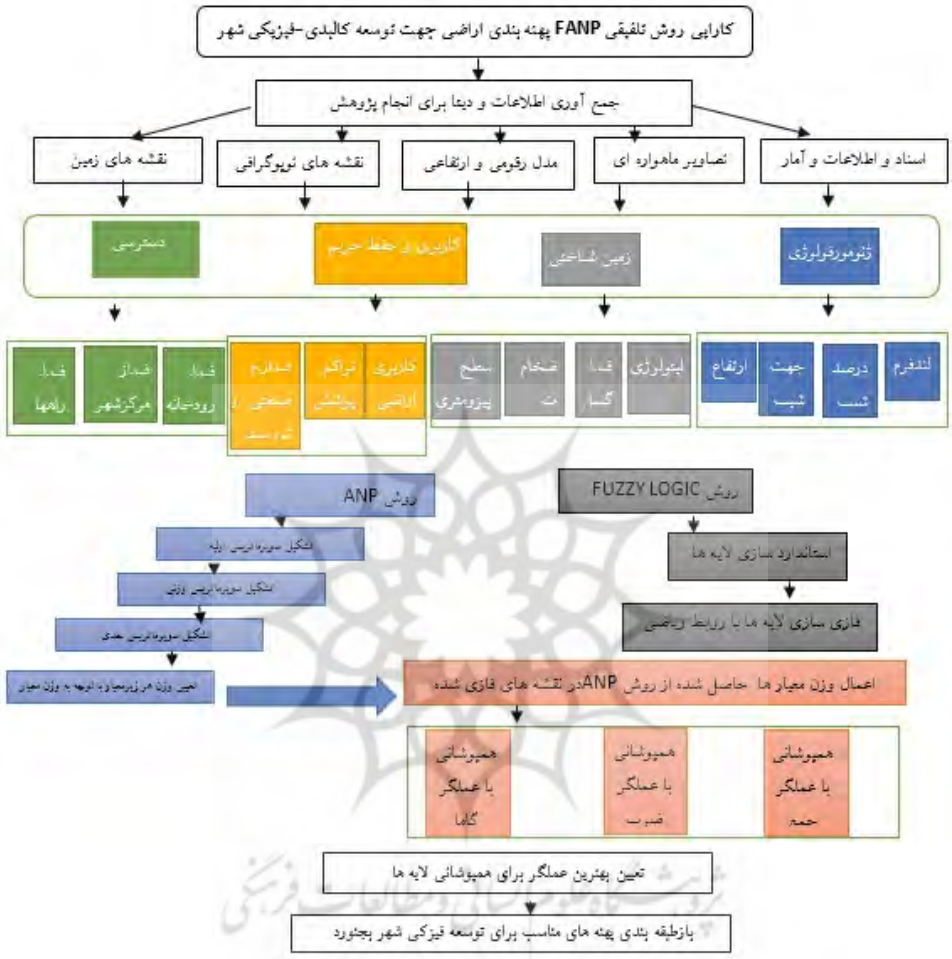
هدف این پژوهش پهنه‌بندی اراضی دشت بجنورد به منظور تعیین بهینه جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد عنوان مرکزیت سیاسی و اداری استان خراسان شمالی با استفاده از روش تلفیقی فازی- تحلیل شبکه(FANP) می‌باشد. بدینوسیله با معرفی بهترین جهات توسعه شهری از رخداد مخاطرات ژئومورفولوژیکی جلوگیری و راهکارهایی مناسبی برای آمایش اراضی، مدیریت و برنامه‌ریزی شهری را در این شهر مهم و ارزشمند در شمال شرق کشور ارایه نمود.

روش‌شناسی

این تحقیق بر حسب محتوا از نوع کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی و تحلیل است که به بررسی عوامل ژئومورفولوژیکی موثر در توسعه فیزیکی- کالبدی شهر بجنورد می‌پردازد. رویکرد تحقیق بر پایه اثبات‌گرایی ولی با نگاهی به روندها و تحولات شهری می‌باشد. روش گرداوری اطلاعات مبتنی بر روش‌های اسنادی(کتابخانه‌ای)، مشاهدات(مطالعات میدانی)، و مستندسازی است. جامعه آماری تحقیق محدوده دشت بجنورد می‌باشد و در بخش تجزیه و تحلیل از مدل‌های MCDM و الگوریتم‌های FUZZY استفاده شده است(شکل ۱).

در این تحقیق از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.5، Envey 5.1، Globla Maper، Super Decision، و.... استفاده شد. همچنین تمامی اطلاعات لازم برای ساخت لایه‌های اطلاعاتی از منابع اطلاعاتی همچون: اطلاعات سطح آب زیرزمینی دشت بجنورد، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰بجنورد، نقشه‌های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بجنورد، مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر تهیه شده از تصاویر ماهواره ایSRTAM ، تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۷۳، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۶ ماهواره لندست، گردآوری و در ژئودیتابیس نرم‌افزار برمبنای سیستم تصویر مرکاتور (UTM)، Zone 40,WGS

1984 دسته‌بندی شد. سپس با بررسی وضعیت جغرافیایی و محیطی دشت بجنورد و مصاحبه با متخصصین و متولیان امور شهری و همچنین سوابق تحقیق، از بین ۳۰ فاکتور محیطی، تعداد ۱۵ شاخص مهم و اساسی در ۴ گروه اصلی ژئومورفولوژی، زمین شناسی، کاربری ومحیطی، دسترسی انتخاب و دسته‌بندی شد. زیرمعیارهای منتخب شامل نوع لندفرم، درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع، لیتولوژی، فاصله از گسل، ضخامت آبرفت، لرزه‌خیزی، سطح آب زیرزمینی، کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از مناطق صنعتی و توریستی، فاصله از رودخانه، فاصله از مرکز شهر و فاصله از راه‌ها است(شکل۲).

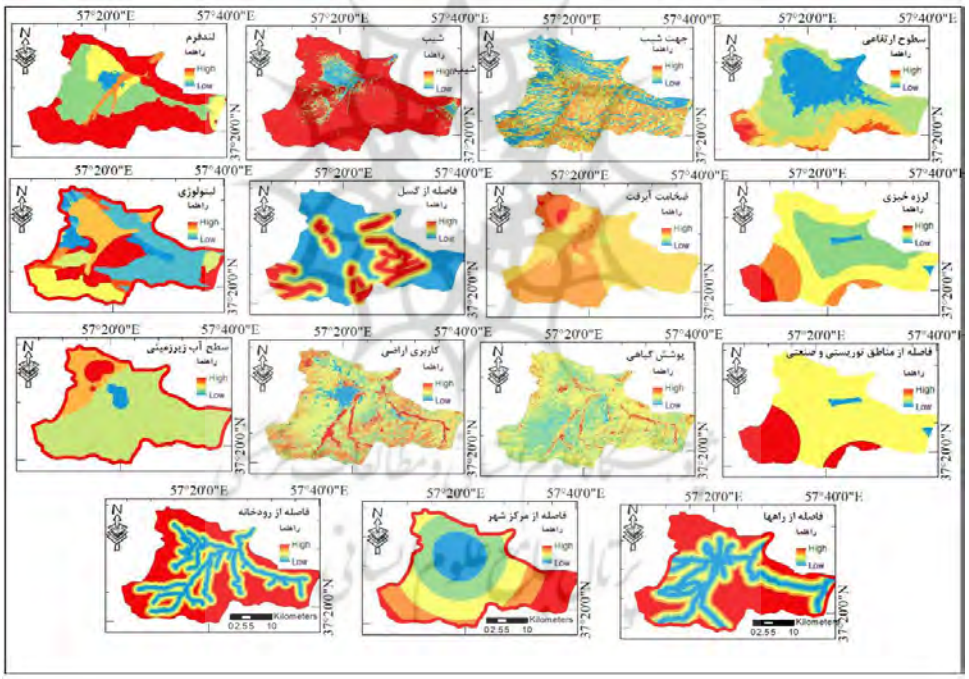


شکل ۱. چارت تحقیق

در این تحقیق از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.5، Envey 5.1، Globla Maper، Super Decision، و.... استفاده شد. همچنین تمامی اطلاعات لازم برای ساخت لایه‌های اطلاعاتی از منابع اطلاعاتی همچون: اطلاعات سطح آب زیرزمینی دشت بجنورد، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰بجنورد، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بجنورد، مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای SRTAM ، تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۷۳، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۶ ماهواره لندست، گردآوری و در ژئودیتابیس نرم‌افزار برمبنای سیستم تصویر مرکاتور (UTM)، Zone 40,WGS 1984 دسته‌بندی شد. سپس با بررسی وضعیت جغرافیایی و محیطی دشت بجنورد و مصاحبه با متخصصین و متولیان امور شهری و همچنین سوابق تحقیق، از بین ۳۰ فاکتور محیطی، تعداد ۱۵ شاخص مهم و اساسی در ۴ گروه اصلی ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، کاربری و محیطی، دسترسی انتخاب و دسته‌بندی شد. زیرمعیارهای منتخب شامل نوع لندفرم، درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع، لیتولوژی، فاصله از گسل، ضخامت آبرفت، لرزه‌خیزی، سطح آب زیرزمینی،

کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از مناطق صنعتی و توریستی، فاصله از رودخانه، فاصله از مرکز شهر و فاصله از راه‌ها است(شکل ۲).

در این تحقیق برای ارزیابی وضع موجود و مقایسه با وضعیت کالبدی و فضای شهر بجنورد تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۶ پیش پردازش شد. جهت استخراج محدوده شهر در بازه زمانی ۴۳ سال از الگوریتم حداکثر احتمال و روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد و لایه‌های محدوده شهری برای سال‌های مذکور ساخته شد. سپس لایه‌های محدوده شهری هم پوشانی شده و تغییرات محدوده شهری ارزیابی و تحلیل شد. جهت اجرای روش ANP و FANP ابتدا لایه ها مذکور در محیط GIS با تکنیک‌های مناسب ساخته و به منظور استفاده در مدل تحقیقاتی در کلاس های استاندارد بازتولید شد. جهت وزن‌دهی لایه‌ها از چندین کارشناس متخصص (زمین‌شناس، برنامه‌ریز شهری، کارشناس منابع طبیعی در زمینه آبخیزداری، کارشناس مسکن و شهرسازی و متخصصان رشته ژئومورفولوژی) در ارتباط با شناختی که در زمینه معیارها و عوامل موثر منطقه داشته‌اند، استفاده شدبه این منظور تک تک عوارض موجود در منطقه اعم از مناطق توریستی، حفاظت شده، صنعتی، محدوده شهر و راه‌های مواصلاتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای 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. تمامی این لایه‌ها با استفاده از عملگر Buffer Ring حائل‌بندی شده و جهت استفاده در مدل‌های تحقیق استاندارد شدند(شکل ۲). در جدول ۱ طبقه‌بندی هر یک از زیرمعیارهای آورده شده است.

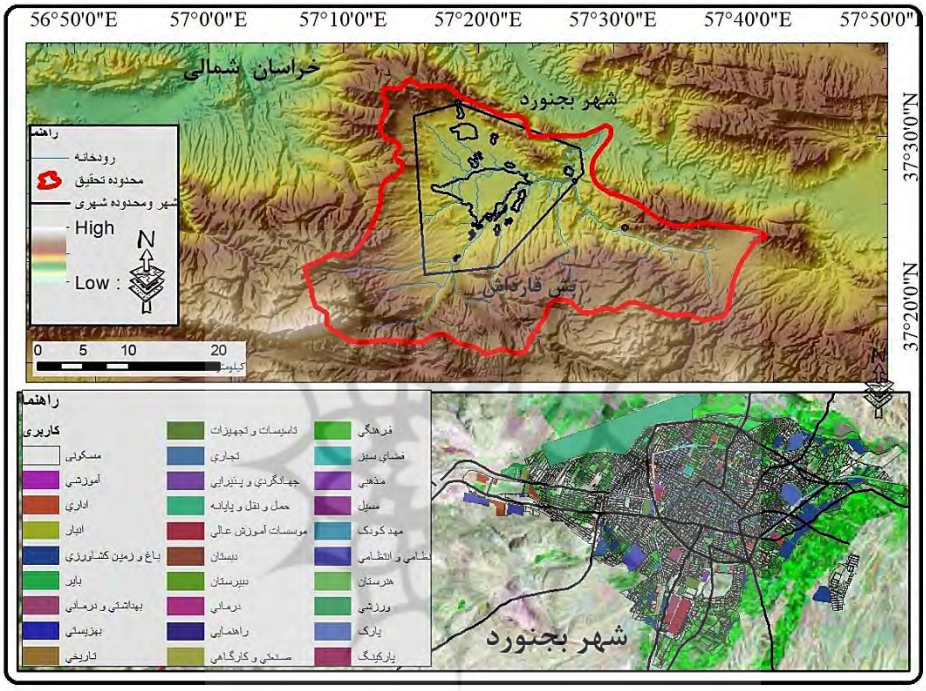


شکل ۲. زیرمعیارهای استاندارد شده برای استفاده در مدل‌های تحقیق

قلمرو جغرافیایی پژوهش

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 ۲۰۷ 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 ۳۷-۱۷ درجه عرض شمالی واقع شده است(شکل۳). این شهرستان به لحاظ وسعت ۲۲٪ و از لحاظ جمعیت ۴۰٪ کل جمعیت استان را به خود اختصاص داده است. شهرستان بجنورد بر روی دشتی نسبتاً پهناور بین کوه‌های آلاداغ در

جنوب و غرب و کوه‌های کپه داغ (باباموسی) در شمال و شرق واقع شده است. وسعت دشت بجنورد یکصد کیلومتر مربع بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۱۰ متر می‌باشد(سند توسعه استان خراسان شمالی،۱۳۹۰) متوسط ارتفاع منطقه۱۶۹۸ متر متوسط شیب منطقه۱۵/۸ درصد است. سطح آب زیرزمینی در کل دشت بجنورد از ۱۰۲۵-۱۰۷۲ متر اندازه‌گیری شده است. از لحاظ زمین‌شناسی دشت بجنورد بر رسوبات دوران دوم(در سازندهای تیرگان، شوریجه سنگانه و سرچشمه)، سوم(شامل تشکیلات سست نئوژن و کنگلومرا و تپه‌های آبرفتی پلیوستوسن) و چهارم زمین-شناسی(تراس‌ها و مخروط افکنه‌ها و آبرفت‌ها) تشکیل شده است. دشت بجنورد به صورت یک ناودیس با جهت شمال غربی-جنوب شرقی می‌باشد. متوسط بارش سالانه در دشت بجنورد ۲۹۲ میلیمتر است که این میزان در ایستگاه سینوپتیک بجنورد ۲۷۲ میلیمتر اندازه‌گیری شده است. میانگین سالانه رطوبت هوا۵۸ درصد و متوسط درجه حرارت ماهانه ۱۳/۳ درجه می‌باشد (طرح جامع شهربجنورد ۱۳۸۹).



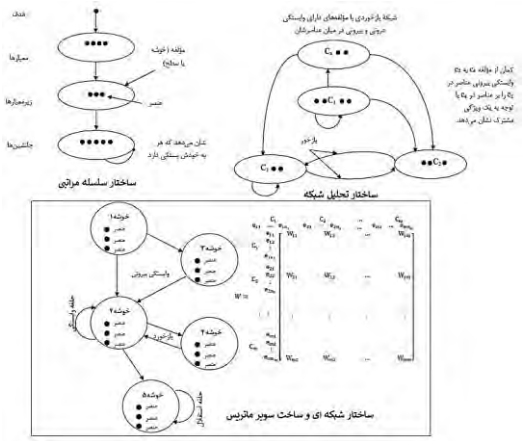
شکل ۳. نقشه منطقه مورد مطالعه

یافته‌ها و بحث

معرفی مدل‌ها

روش تحلیل شبکه (ANP) [1]:محدودیت‌ها و معایب روش AHP در وابستگی بین معیارها، زیرمعیارها و عناصر محققان را برآن داشت که روش دیگری ابداع کنند(زبردست ۱۳۸۹). ساعتی در سال ۱۹۹۹ روش فرآیند تحلیل شبکه (ANP) را ارایه داد که مبتنی بر ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای و دخالت دادن وابستگی متقابل عناصر به هم بود (Gebeyehu &Yaakup 2008: 22 2005:39,Sabri) که در فرآیند تصمیم گیری گام بزرگی در استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برداشت(نظم فر ۱۳۹۵:۵۳). در شکل ۴ مراحل روش تحلیل شبکه و تفاوت آن با تحلیل سلسله مراتبی آورده شده است.

[1] Analytic network process



شکل ۴. ترکیب بازخورد و روابط وابستگی درون و بین خوشه ها در دو روش سلسله مراتبی و تحلیل شبکه(saaty 2005)

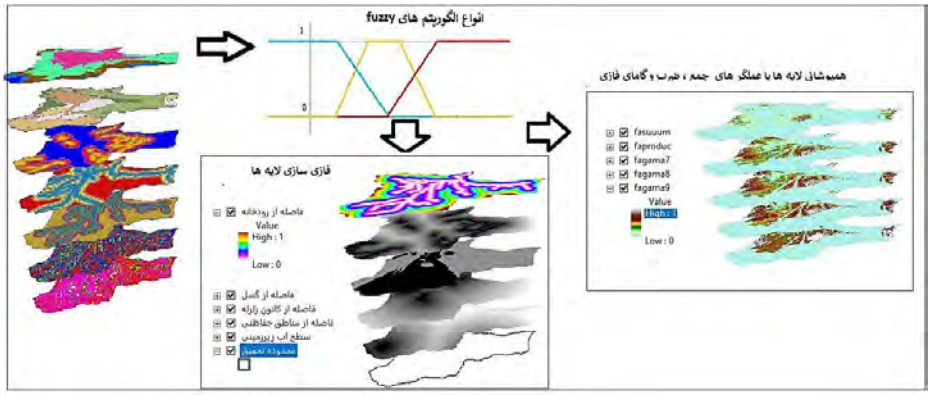
در روش ANP اندازه‌گیری مقادیر و اهمیت نسبی مانند فرآیند سلسله مراتبی انجام می‌گیرد(اقدر و همکاران ۱۳۹۶:۶۲۴) اینگونه که مطابق روش AHP ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی ساخته می‌شود که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آنها مشخص باشد(Lee,2008:158). جهت تعیین اهمیت (وزن) هرکدام از معیارها از روش مقایسه دو به دوئی (Pire-Wise) ودر بازه ارزشی ۱تا ۹ مطابق جدول ۹ کمیتی ارایه شده توسط ساعتی ۱۹۸۰، مقادیر ارزشی اختصاص داده می‌شود. قضاوت در مورد ارزش و اعتبار هر کدام از معیارها با همدیگر بر اساس اطلاعات گرداوری شده از طریق پرسشنامه‌ها و مصاحبه‌های انجام شده با متخصصین و متولیان امور شهری صورت گرفته که با تطبیق با مشاهده میدانی محقق و ملاحظات جغرافیایی منطقه منطبق و نهایتا بهترین ارزش به موثرترین فاکتور در توسعه فیزیکی شهر بجنورد اختصاص یافت. مطابق رابطه میزان نرخ سازگاری قابل قبول برای ارزش‌گذاری تعیین می‌شود و قضاوت بین عناصر، زیر معیار ها و معیارها انجام می‌شود به شرطی که نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$ رابطه۱

که در آن RI اندیس تصادفی بوده که به تعداد معیارهای مورد بررسی وابسته است و برابر با میانگین اندیس سازگاری از ماتریس‌های تصادفی زوجی می‌باشد(Lee,2008:160). مقادیر RI در منابع مختلف ارائه شده است. به عنوان مثال می‌توان از مقادیر RI محاسبه شده توسط آلانسو و لاماتا (۲۰۰۶) که بستگی به تعداد متغیرها یا عامل‌ها در ماتریس مقایسه زوجی دارد، استفاده کرد (Alonso 2006:55). چنانچه نسبت سازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد بیانگر قضاوت‌های نادرست بوده و مقادیر کمتر از ۰/۱ سطح قابل قبول برای مقایسه های زوجی را نشان می‌دهد.

برای روش anp مطابق چهار مرحله زیر عمل می‌شود(شکل۵)(زبردست، ۱۳۸۹: ۸۰): ۱- تشکیل ساختار شبکه‌ای با توجه به هدف تحقیق و خوشه‌ها و عناصر ۲- مقایسه زوجی میان فاکتور ها(عناصر و خوشه‌ها) و واب دادن به این سوال که چه مقدار یک عضو معین از عضو دیگر متاثر می‌شود(یا تاثیر می‌پذیرد)؟۳- محاسبه بردارهای نسبی وزنی از ماتریس مقایسات زوجی با رعایت شاخص ناسازگاری(CI) و نرخ سازگاری(CR)، برای تعیین میزان سازگاری قضاوت-ها. ۴- شکل دادن سوپر ماتریس اولیه و سوپر ماتریس حدی(CESARO) و ارایه اوزان نهایی(saaty 2005:68)

روش فازی(Fuzzy Logic)



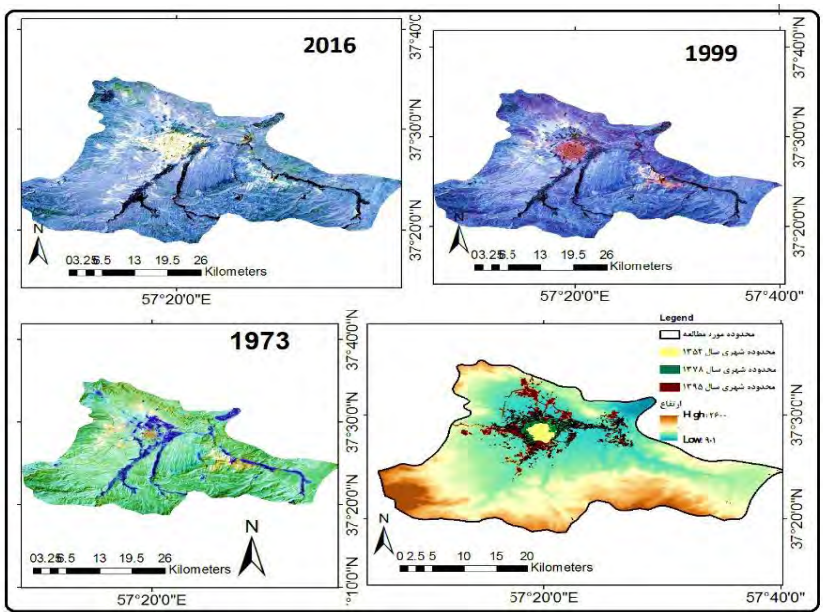
شکل ۵. مراحل انجام روش منطق فازی و انواع الگوریتم‌های فازی

تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی‌زاده در رساله‌ای به نام (مجموعه‌های فازی - اطلاعات و کنترل) در سال ۱۹۶۵ معرفی نمود(Sui 1992,Yu and Shing 2013).در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه است یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می‌کند(zadeh 1965). اما تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند(حسینی ۱۳۹۰). به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی، و نه کاملاً، عضو یک مجموعه باشد(Wang 1992). به بیان دیگر، $u(x)$ نگاشتی از مقادیر x به مقادیر عددی ممکن بین صفر و یک را می‌سازد. تابع $u(x)$ ممکن است مجموعه‌ای از مقادیر گسسته[1] یا پیوسته باشد. وقتی که u فقط تعدادی از مقادیر گسسته بین صفر و یک را تشکیل می‌دهد، 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 مربوطه را تعیین می‌کند و مقدار آن بین صفر و یک است (Juang et all 1992) مراحل روش Fuzzy و حالت‌های مختلف عضویت فازی مطابق شکل ۵ می‌باشد. 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 لایه های اطلاعاتی 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 پهنه بندی شده حاصل از عملگرهای مذکور.

تحولات جمعیتی و فضایی شهر بجنورد

جمعیت شهر بجنورد بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ ۲۷۱۹۷۰ نفر بوده که این رقم در سال۱۳۹۰به رقم ۳۰۶۸۶۲نفر و در سال ۱۳۹۵ برابر۳۲۴۰۷۳ نفر رسیده است(مرکز آمار ایران ۱۳۹۶). در خلال سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۵ نرخ رشد جمعیت در شهر بجنورد ۱/۱ بوده است.

[1] discrete



شکل ۶. روند تغییرات محدوده شهری بجنورد در خلال سال‌های ۱۹۷۳،۱۹۹۹ و ۲۰۱۶

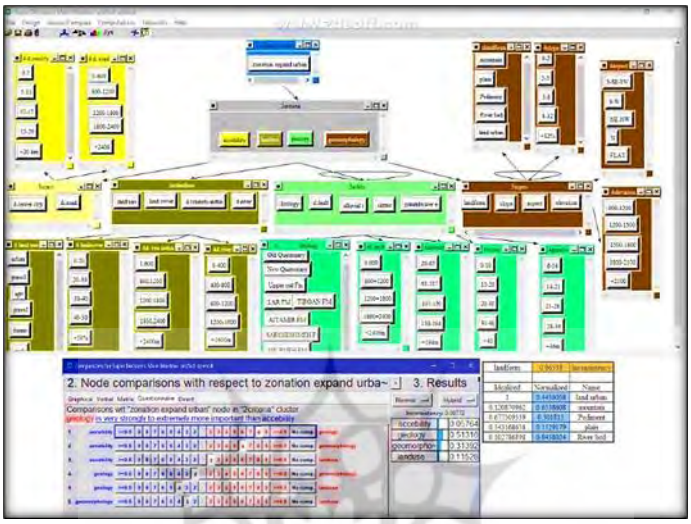
تاثیر این افزایش جمعیت در ساختار کالبدی و فیزیکی شهر در خلال سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ بسیار تاثیرگذار بوده است. با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده محدوده شهری در سال‌های تحقیق استخراج شد. بدین منظور با استفاده از روش حداکثر احتمال نقشه محدوده شهری برای ۳ دوره تحقیق تهیه و این عرصه‌ها همپوشانی شدند. مطابق شکل۶ میزان گسترش شهر بجنورد در بازه زمانی ۴۳ سال نشان داده شده است. نواحی زرد رنگ بافت قدیمی شهر بجنورد در سال ۱۳۵۲ است و رنگ سبز، نواحی شهری در سال ۱۳۷۷ و رنگ قرمز گسترش شهر بجنورد در سال۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

روش تلفیقی تحلیل شبکه-فازی(FANP)

شهرها به عنوان 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 می‌باشد. لذا متخصصین و برنامه‌ریزان شهری همواره نیازمند روش‌ها و مدل‌هایی است که همه جانبه‌نگر، سیستماتیک و قابل انعطاف باشد. در این میان روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به خصوص روش تحلیل شبکه(ANP) 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 متخصصین 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. سپس مطابق روش AHP به مقایسه دوبه دویی بین معیارها و سپس زیرمعیارها و در نهایت کلاس‌ها پرداخته و به هر یک از سطوح یاد شده وزن مناسب اختصاص داده شد.

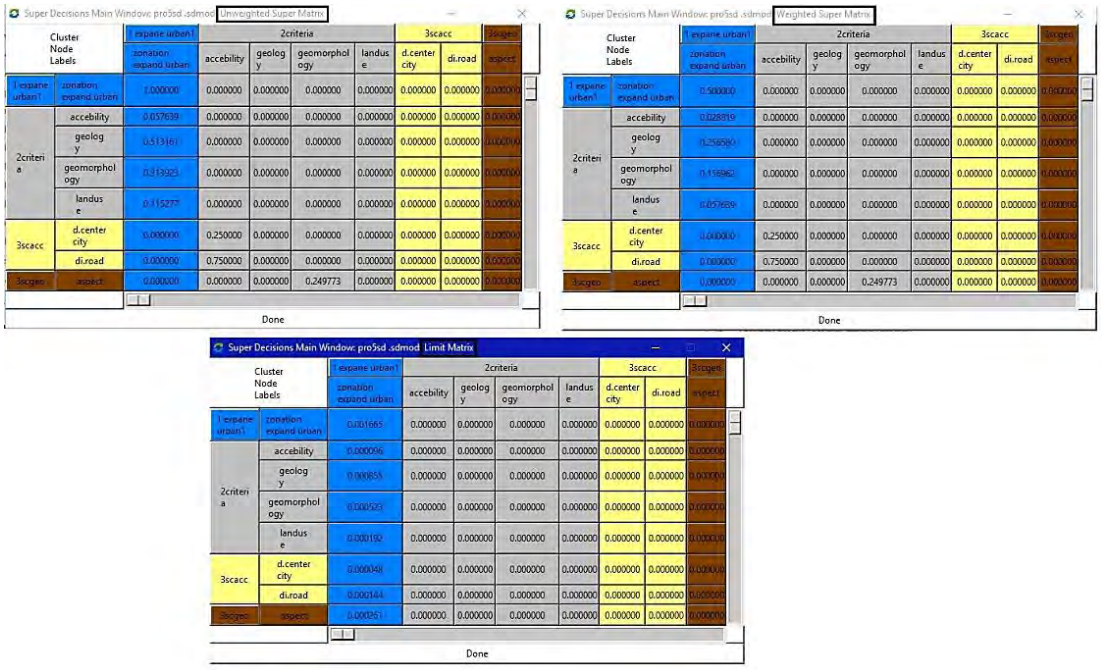
روش ANP شکل گسترده‌تری از روشAHP است که در آن وابستگی متقابل و بازخوردها را نیز می‌توان دخیل نمود(زبردست۱۳۸۹:۸۰). این روش امروزه بسیار متداول شده و ازآن به جای روش سلسله مراتبی استفاده می‌شود. در این تحقیق برای تعیین بهترین عرصه‌ها برای توسعه شهری از روش ANP استفاده شد. در مرحله اول تمامی معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌ها به نرم‌افزار Super Decision وارد و شبکه ارتباطات بین معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌ها ترسیم شد(شکل۶). پس از ترسیم چارت معیارها، زیرمعیارها و گزینه و اتصال ارتباطات و بازخوردها، مشابه روش AHP عناصر تصمیم در هریک از خوشه‌ها، بر اساس میزان اهمیت آنها در ارتباط با معیارهای کنترلی دو به دو مقایسه می‌شوند(Cheng 2005: 88). خود خوشه‌ها نیز بر اساس نقش و تاثیر آنها در هدف تحقیق که بهترین

پهنه‌ها برای توسعه شهر می‌باشد، دو به دو مورد مقایسه قرار گرفت. میزان اهمیت هر عنصر نسبت به عنصر دیگر بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی انجام شد. بدین منظور با منطقه 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 وبا لحاظ کردن مشخصات خاص طبیعی دشت بجنورد تعیین شد. نتایج پرسشنامه‌ها با مصاحبه با تنی چند از نخبگان و اساتید مجرب علوم زمین، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نهایتا اوزان شایسته به هر معیار و زیرمعیار و آلترناتیو اختصاص گرفت و سعی شد میزان نرخ سازگاری هم در تمامی مقایسه‌های زوجی باید کمتر از ۰/۱ باشد(saaty 1999). مطابق شکل فوق مقدار CRبرای معیار لندفرم ۰،۰۶۵ می‌باشد.



شکل ۷. شبکه تصمیم‌گیری و وزن‌دهی به عناصر با نرخ سازگاری مناسب در نرم افزار Super Decision

پس از مقایسه دوبه دویی بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها سوپر ماتریس اولیه بی وزن محاسبه می‌شود. سپس سوپر ماتریس وزن‌دار(عمومی) محاسبه شد. برای اینکه ابر ماتریس بی وزن ما وزن‌دار شود نیاز به ابرماتریسی است که جمع ستون‌های آن برابر یک شود این ماتریس از حاصل داده‌های ماتریس خوشه‌ای در ابرماتریس وزن‌دهی نشده و نرمالیزه نمودن ماتریس حاصل بدست می‌آید(زبردست ۱۳۸۹:۸۲). در نهایت سوپر ماتریس 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(شکاری و همکاران ۱۳۹۴:۲۲۳). در نهایت اوزان نهایی این ماتریس به عنوان وزن نهایی اختصاص یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرد(شکل۸).



شکل ۸. محاسبه سوپرماتریس اولیه، موزون و حدی و تعیین وزن نهایی هر معیار و زیرمعیار

جدول ۱ *محاسبه اوزان نهایی معیار ها و زیرمعیار ها با رو ش* ***ANP***

معیار	ژئومورفولوژی						زمین شناختی			
وزن معیار	۰/۱۰۴۶						۰/۱۷۱۱			
زیرمعیار ها	لندفرم	در صد شیب	جهت شیب	طبقات ارتفاعی	لیتولوژی	فاصله از گسل	ضخامت آبرفت	لرزه خیزی	ارتفاع سطح آب زیرزمینی
وزن زیرمعیار	۰/۰۴۸۱	۰/۰۲۲۰	۰/۰۲۶۱	۰/۰۰۸۴	۰/۰۱۸۷	۰/۰۱۰۰	۰/۰۱۲۳	۰/۰۷۸۹	۰/۰۵۰۲
وزن نسبی	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۸۶

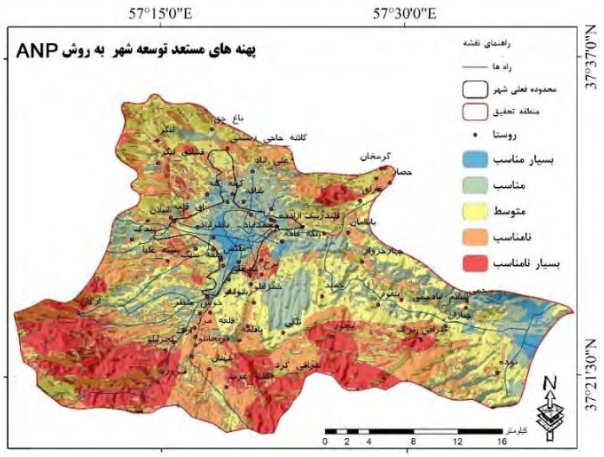
ادامه جدول ۱

کاربری و حفظ حریم					دسترسی	
			۰/۰۳۸۴		۰/۰۱۹۲	
کاربری اراضی	تراکم پوشش گیاهی	فاصله از مناطق صنعتی توریستی وحفاظت شده	فاصله از رودخانه	فاصله از مرکز شهر	فاصله از راهها	
۰/۰۱۰۲	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۲۶	۰/۰۲۰۸	۰/۰۳۸۴	۰/۰۱۴۴	
۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۳	

منبع: نگارندگان

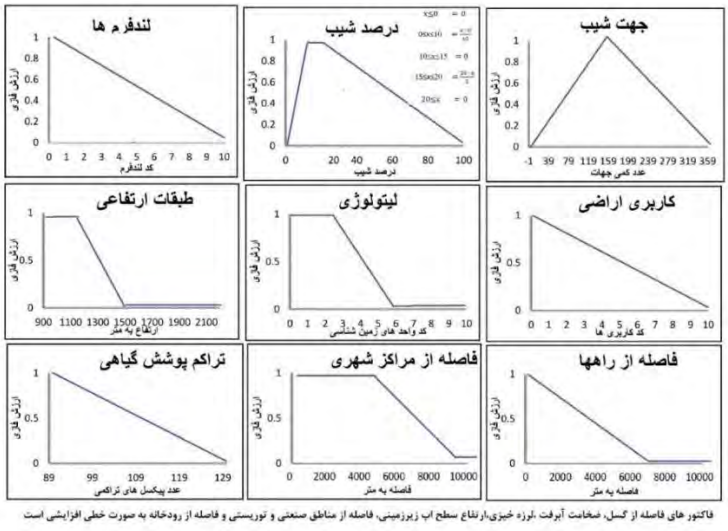
مطابق جدول فوق به معیارها و زیر معیارهای تحقیق وزن مناسب تعلق گرفته سپس وزن نسبی آن محاسبه می-شود. این اوزان در تک تک لایه‌های اطلاعاتی ضرب شده و نقشه پهنه‌های مناسب برای توسعه شهری به روش فرآیند تحلیل شبکه ANP تهیه شد. مطابق نقشه نهایی روش مذکور بیش از ۲۷/۸ کیلومتر مربع از دشت بجنورد یعنی ۴/۲۶ درصد از منطقه در کلاس بسیار مناسب برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد قرار دارد. ۱۹/۸۱ درصد در کلاس مناسب برای توسعه شهر، ۳۱/۱۶ در 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 (شکل۹).

از همپوشانی نقشه محدوده شهر بجنورد در سال‌های ۱۳۹۵ و نقشه پهنه‌بندی این موارد برداشت می‌شود که کلاس بسیار مناسب دقیقا منطبق بر محدوده گسترش یافته در شهر از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۵ است. نقشه نهایی تهیه شده توسط این روش پیشنهاد می‌کند که شهر می‌تواند 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 می‌تواند در آینده به عنوان محدوده‌های سکونتگاهی اقماری و شهرک‌های جدید مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۹. نقشه نهایی حاصل از روش ANP

مدل منطق فازی برگرفته از نظریات کلاسیک ریاضی روش بسیار انعطاف‌پذیر در تعیین معیارها مناسب و 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 طور مثال در رابطه با معیار شیب، شیب‌های کم برای بحث زهکشی شهری بسیار نامناسب است لذا شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد نامناسب است و هرچه به سمت ۱۰ درصد پیش می‌رویم بهتر می‌شود. طبق مطالعات محققان بهترین شیب برای توسعه شهر ۱۰-۱۵ درصد است. درنتیجه مقدار ۱ به این بازه تعلق می‌گیرد و شیب‌های بالاتر از ۱۵٪ نیز از لحاظ قوانین شهرسازی نامناسب است و درنتیجه به صورت کاهشی، مقادیری بین ۱تا ۰ به خود اختصاص می‌دهد. شکل۱۰ 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 می‌باشد. 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.



شکل ۱۰. الگوریتم های مورد استفاده برای هر متغییر در روش فازی

این توابع در محیط نرم‌افزار Arc Map و اکستنشن Raster Calculatorفرمول نویسی شده و برای هر لایه نقشه فازی شده آن تهیه شد. جهت اختصار در رابطه زیر نحوه فرمول نویسی معیارهای شیب و جهت شیب آورده شده است(رابطه ۲ و ۳). این نقشه‌ها مطابق با لایه‌های ساخته شده در بازه ۰-۱ می‌باشد 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 بجنورد می‌باشد.

رابطه ۲و۳

Fuzzy Slope =Con((x>=0)&(x<=10),(x-0)/10.0,Con((x>=10)&(x<=15),1,Con((x>=15)&(x<=20),(20-x)/5.0,0)))
Fuzzy Aspect =Con((x>=-1)&(x>=180),(x+1)/182.0,Con((x>=180)&(x<=360),(360-x)/180.0,0))

در ادامه از عملگر های ضرب(Product)، جمع(sum) و گامای(Gama) فازی برای هم پوشانی لایه‌های فازی شده استفاده شد. عموما نقشه پایانی حاصل از ضرب جبری فازی گرایش به سمت صفر بیشتر و درنتیجه کلاس مناسب در نقشه بسیار کمتر است(بهشتی و همکاران ۱۳۹۴:۱۳۹). در جمع فازی ارزش پیکسل‌ها به سمت ۱ میل نموده و تعداد پیکسل‌ها در کلاس بسیار مناسب بیشتر است. برای رفع مشکل فوق از گامای فازی استفاده می‌شود که نقش تعدیلی دارد و به واقعت نزدیک تراست(رابطه۴).

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^{n} \mu_i,$$ رابطه۴

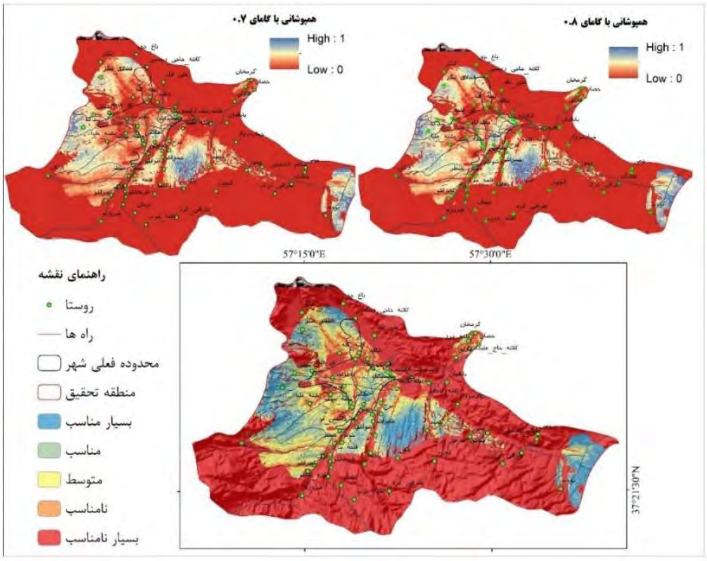
ضرب جبری فازی که در این رابطه μ_i تابع عضویت فازی برای نقشه iام و i=1,2,… نقشه‌هایی هستند که باید ترکیب شوند. جمع جبری فازی، متمم ضرب فازی است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^{n}(1 - \mu_i)$$ رابطه۵

عملیات گاما بر حسب ضرب جبری فازی و جمع جبری فازی است و بر اساس رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$\mu_{combination} = (fuzzy\ sum)^{\lambda} * (fuzzy\ product)^{1-\lambda}$$ رابطه۶

که در آن λ یک پارامتر انتخابی در دامنه (۰-۱)، وحاصلضرب جمع و ضرب جبری فازی در رابطه‌های فوق است که - بدین صورت محاسبه می‌شود (Sui 1992) .



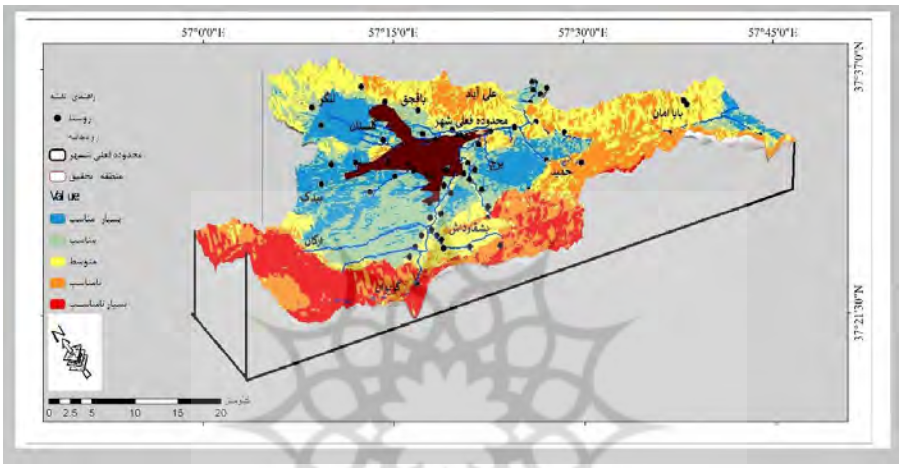
شکل ۱۱. نقشه پهنه های مستعد توسعه شهر بجنورد حاصل از روش Fuzzy Logic وهمپوشانی با گامای ۰,۷، ۸.۰ و ۰,۹

بر اساس انطباق نقشه‌های تولیدی بر روی تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد نقشه گامای ۰/۹ مناسب‌ترین برای ارایه پهنه‌های مناسب برای توسعه شهری می‌باشد(شکل۱۱). بر این اساس، ۶/۳۸ درصد ازدشت بجنورد در پهنه بسیار مناسب قرار گرفته‌اند. ۱۰/۱۹ درصد در پهنه مناسب و۹/۹۵ درصد در پهنه متوسط ، ۴/۸۶ در پهنه نامناسب و بیش از ۶۸/۶۲ درصد از دشت بجنورد در محدوده بسیار نامناسب برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد قرار گرفته‌اند. همانطور که در شکل فوق ملاحظه می‌شود این روش با دخالت موثر معیارها و شرط‌های مناسب برای توسعه شهری مانند دوری از مناطق سیلابی، نوع لندفرم و شیب زمین، در غالب الگوریتم‌های فازی، مناسب‌ترین اراضی برای توسعه شهری پیشنهاد داده است. لذا این روش نسبت به روش ANP از کارایی بهتری برای پهنه‌بندی اراضی برخوردار است. مخصوصا در بحث تعریف ریاضی شروط ژئومورفولوژیکی از دقت عمل بالایی برخوردار است و اگر با یک مدل وزن‌دهی ترکیب شود می‌تواند مدل فوق‌العاده‌ای در این زمینه محسوب شود.

در ادامه تحقیق از روش تلفیقی FANP برای پهنه‌بندی ژئومورفولوژیکی دشت بجنورد به منظور توسعه فیزیکی شهری استفاده شد. با توجه به اینکه در دنیای واقعی معیارها به شدت در هم تنیده و پیچیده‌اند در نتیجه روش‌های سنتی قابل ارایه نتایج مناسبی نیستند(عشور نژاد و همکاران ۱۶۸:۱۳۹۲). مسئله اساسی اینجاست که در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند اشراف کامل بر همه معیارها داشته باشد و با اطمینان وزندهی نماید لذا برای رفع این مشکل نیاز به روشی احساس می‌شود که بتواند از پیچیدگی وزن‌دهی بکاهد. راه‌حل طبیعی استفاده از مقایسه‌های فازی است که حالت ابهام در مقایسه را مدل‌سازی کند. به دیگر سخن استفاده از مجموعه‌های فازی پوشش دهنده خطاهای زبانی و انسانی است و اگردر ترکیب با روش‌ها تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شود نتایج واقعی‌تری بدست می‌دهد(ملکیان و همکاران ۱۵۰:۱۳۹۱). جهت ارایه نتایج بهتر برای پهنه‌بندی اراضی دشت بجنورد به منظور توسعه فیزیکی شهری، ابتدا لایه‌های استاندارد شده در محیط GIS، با الگوریتم‌های مناسب فازی-سازی شد. سپس در وزن‌های معیارها و زیرمعیار در همدیگر ضرب نموده و وزن نسبی معیارها محاسبه شد. سپس در محیط Raster Calculator اوزان محاسبه شده به روش ANP در لایه‌های فازی شده ضرب نموده و در نهایت لایه‌های موزون با یکدیگر جمع شدند. رابطه۷

(FANP)layer=("Fuzlandform"*0.005)+("faslope1"*0.0023)+("faaspect22"*0.0027)+("Fuzelv"*0.0009)+("Fuzamin"*0.0032)+("Fuzfault1"*0.0017)+("Futallouvial"*0.0021)+("Fueath1"0.00137)+("Fupiso"*0.0086)+("Fuzzylanduse1"*0.0004)+("Fuzzylandcover"*0.0002)+("fuindusprotect"0.0001)+("Furiver"*0.0008)+("fucenter"*0.0007)+("faroad"*0.0003)

در نهایت نقشه حاصل از روش FANP بدست آمد. مطابق شکل ۱۲ بهترین اراضی برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد مشخص شد طبق مطالعات انجام شده ۱۹/۱۱ درصد از مساحت دشت بجنورد در کلاس بسیار مناسب قرار دارند. این محدوده‌ها منطبق بر نواحی غربی شهر بجنورد در مسیر جاده بجنورد به گرگان قرار دارد. قطب‌های دیگر این کلاس نواحی شمالی شهر بجنورد و در حوالی روستای لنگر و جنوب شرق شهر بجنورد در حوالی روستای برج و حمید می-باشد. ۲۵/۵۹ درصد منطقه در کلاس مناسب قرار دارد. ۱۹/۲ درصد در کلاس متوسط و به ترتیب ۲۳/۵۷ و ۱۲/۵۳ درصد از محدوده تحقیق در کلاس نامناسب و بسیار نامناسب قرار دارد. با توجه به الگوی توسعه شهر بجنورد که به صورت شعاعی و در راستای راه‌های ارتباطی می‌باشد. پهنه‌های معرفی شده بوسیله روش ANP منطبق به اراضی است که در طی سال‌های گذشته رشد داشته است و تصاویر ماهواره‌ای گویای آن است همچنین طبق بازدیدهای میدانی این مناطق بسیار مناسب بوده و گسترش شهر بر این اراضی هیچگونی آسیبی به محیط‌زیست وارد نمی‌کند. همچنین استقبال عمومی مردم نیز برای سکونت در این اراضی بیشتر است.



شکل ۱۲. نقشه سه‌بعدی عرصه‌های مناسب برای توسعه شهر بجنورد به روش FANP

نتیجه‌گیری

شهرها کانون برخورد و تبادلات انسان و محیط است و اگر در نظام‌های شهری به همه جوانب طبیعی و انسانی توجه نشود ضمینه‌ساز چالش‌های زیست‌محیطی، بلایا و مخاطرات طبیعی و معطلات اجتماعی می‌گردد. هدف این پژوهش پهنه‌بندی اراضی دشت بجنورد به منظور تعیین بهینه جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد عنوان مرکزیت سیاسی و اداری استان خراسان شمالی با استفاده از روش تلفیقی فازی- تحلیل شبکه(FANP) می‌باشد. جمعیت شهر بجنورد از سال ۱۳۴۵ تا سال ۱۳۹۵ به مدت ۵۰ سال ۳۱۰۰۰ به ۲۲۸۰۰۰ نفر افزایش داشته است(سلیمانی و همکاران ۱۳۹۷) که بر اساس 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 و در نتیجه وسعت شهر از ۲۷۰ هکتار به ۲۸۵۴ هکتار در سال ۱۳۹۵ رسید. این 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 حاشیه‌نشینی شهری شد. با توجه به بودجه اعتباری مناسب و همچنین گنجایش جمعیتی بیشتر بجنود به عنوان مرکز استان روند افزایش جمعیت همچنان بالا بوده و نیازمند تخصیص اراضی مناسب برای توسعه شهر بجنورد می‌باشد. لذا در این تحقیق با هدف

تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد سعی شده با شناخت ویژگی‌های جغرافیایی و ژئومورفولوژیکی دشت بجنورد بهترین عرصه‌ها برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و الگوریتم‌های فازی معرفی و پیشنهاد شود. طبق محاسبات انجام شد مشخص شد شهر بجنورد و محدوده گسترش یافته آن در سال‌های اخیر دقیقا در محدوده‌هایی پیشنهاد شده توسط مدل‌های تحقیق برای گسترش آتی شهر می‌باشد. و در همه مدل‌ها نواحی جنوبی روستای باقچق، علی آباد، قشلاق، لنگر و نواحی شمالی روستاهای بیدک و پشته علیا مناسب برای توسعه فیزیکی شهر بجنورد معرفی شده‌اند. بررسی میدانی و همپوشانی نقشه‌های تهیه شده از سه روش، نشان می‌دهد. در این تحقیق مشخص شد روش ANP با اثر متقابل عناصر و ارتباطات فی مابین معیارها و عناصر در هر خوشه از حیث وزن‌دهی به معیارها بسیار مناسب‌تر از روش‌های سنتی گذشته است؛ آثار تحقیقاتی زبردست ۱۳۸۹، شکاری و همکاران ۱۳۹۴، نظم‌فر و همکاران ۱۳۹۵پاک‌فطرت و همکاران ۱۳۹۶ و ... موید این مطلب هستند ولی با این وجود به دلیل گستردگی وزن‌دهی، پیچیدگی و درهم تنیدگی معیارها را بیشتر نموده در نتیجه محقق در مرحله وزن‌دهی ممکن است وزن شایسته‌ای به معیارهای مهمتر اختصاص ندهد. روش فازی به علت انعطاف‌پذیری بیشتر و شرط‌گذاری بهتر نسبت به روش تحلیل شبکه(ANP) از قابلیت بالایی برای ارایه دقیق علمی و جغرافیای پهنه‌های مناسب برای توسعه فیزیکی شهر برخوردار است. روش فازی اثر مخاطره آمیز رودخانه‌های جنوبی شهر بجنورد از جمله بش‌قارداش و ا..وردی خان و گریوان را لحاظ نموده و نواحی که از لحاظ ژئومورفولوژیکی به هیچ عنوان مناسب برای توسعه شهر نیست را به طور کامل از فرآیند پهنه‌بندی کنار گذاشته و پهنه‌های مناسبی برای توسعه فیزیکی شهر پیشنهاد می‌دهد. تلفیق روش تحلیل شبکه و فازی (FANP) توانسته نقاط ضعف دو روش مذکور را پوشانده و نقشه جامعی از اراضی مناسب برای توسعه شهری ارایه دهد؛ به نحوی که هم از یک وزن‌دهی شایسته و علمی به معیارها و گزینه‌ها برخوردار است و هم از لایه‌های اطلاعاتی هوشمند و فازی شده برای ارزشیابی دامنه اهمیت مقادیر عددی معیار و تاثیر آن در هدف اصلی بهره برده است نتایج تحقیقات حاجی‌زاده‌وادقانی ۱۳۹۷ میز نشان می‌دهد استفاده از روش FANP بسیار دقیق‌تر از روش AHP و AHP – FUZZY می‌باشد و وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها با الگوریتم‌های فازی تدقیق می‌گردند. روش تلفیقی تحلیل شبکه-فازی (FANP) تاکنون در بحث‌های اکولوژی و آمایش سرزمین بکار برده شده است. اخیرا حاجی‌زاده وادقانی و همکاران۱۳۹۷ این روش را در برای شهر کاشان از نقطه نظر اکولوژیکی بکار برده‌اند. و از این حیث استفاده از این روش با دیدگاه ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیط بسیار نوین و کاربردی می‌باشد؛ گر چه برخی اندیشمندان از جمله زبردست ۱۳۸۹، شکاری و همکاران ۱۳۹۴، نظم‌فر و همکاران ۱۳۹۵پاک‌فطرت و همکاران ۱۳۹۶ از این روش‌ها به صورت مجزا استفاده نموده‌اند.

طبق محاسبات انجام شده به روش تحلیل شبکه-فازی ۱۹/۱۱ درصد از مساحت دشت بجنورد در کلاس بسیار مناسب قرار دارند. این محدوده‌ها منطبق بر نواحی غربی شهر بجنورد در مسیر جاده بجنورد به گرگان قرار دارد. قطب-های دیگر این کلاس نواحی شمالی شهر بجنورد و در حوالی روستای لنگر و جنوب شرق شهر بجنورد در حوالی روستای برج و حمید می‌باشد؛ و با توجه به اینکه روند رشد شهر بجنورد در ارتباط مستقیم با خطوط ارتباطی و مواصلاتی به شهر می‌باشد و این روند باعث ایجاد الگوی ستاره‌ای- شعاعی شهر بجنورد شده است و پیشنهاد می‌شود 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 جاذبه‌های اکوتوریستی و همچنین وجود مخاطرات سیلاب و همچنین وجود زمین-های حاصلخیز به هیچ عنوان برای ساخت وساز و توسعه شهر مناسب نبوده و شهرداری نیز باید با اتخاذ اقدامات مناسب از حاشیه‌نشینی در این محدوده فوق‌العاده طبیعی جلوگیری نماید. نتایج پژوهش Novin, and Khosravi 2017در زمینه شبیه‌سازی رشد هوشمند شهری نیز نشان می‌دهد نواحی شبیه‌سازی شده تا حدودی منطبق بر نقشه ارایه شده در روش FANP می‌باشد. لذا پس از بازدید میدانی و بررسی نقشه طرح تفصیلی شهر بجنورد صحت

محدودهای پیشنهادی توسط این روش تایید شد. در حالت کلی روستاهای حمزانلو، برج، ینگه قلعه نیز در حال رشد و الحاق آن به شهر بجنورد است و این مسئله می‌تواند از نقطه نظر مخاطرات طبیعی و معضلات اجتماعی و حاشیه-نشینی در آینده، مشکلات عدیده‌ای در زمینه مدیریت شهری بجنورد ایجاد نماید.

منابع

احمدی، طیبه، زنگنه اسدی، محمد علی، رامشت، محمد حسین، مقصودی، اکبر(۱۳۹۲)، محدودیّت ها و قابلیت های فرآیندهای ژئومورفیک در توسعه و برنامه ریزی شهر خرم آباد . مطالعات جغرافیایی مناطق خشک.سال ۳ شماره ۱۱، صص۱۹-۳۴

اکبری، الهه،کاویان, فرزانه (۱۳۹۶)، ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه فیزیکی شهر سبزوار به روش فازی سلسله مراتبی. مجله آمایش جغرافیایی فضا سال ۷ شماره ۲۵ صص ۸۹-۱۰۲.

امیر احمدی، ابوالقاسم،شکاری بادی، علی، معتمدی راد، محمد، بینقی، مریم (۱۳۹۷). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ANP مطالعه موردی: حوضه پیوه‌ژن دامنه جنوبی بینالود. پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی.۴سال ۴ شماره۳، صص:۲۱۴-۲۳۰.

امیرانتخابی، شهرام؛ جوان، فرهاد و حسنی‌مقدم، حسن. (۱۳۹۷). تحلیل اثرات خزش شهری در ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی (مورد مطالعه: شهرستان رضوانشهر). مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۲(۳)، ۵۹-۷۱.

پورطاهری، مهدی،پاشانژاد، احسان، احمدی، حسن (۱۳۹۵). ارزیابی میزان روایی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در تعیین پهنه‌های مناسب توسعه شهری (مطالعه موردی شهرستان آذرشهر) .برنامه ریزی و آمایش فضا، سال ۲۰ شماره ۱، صص ۱-۲۰.

تقوایی، مسعود، قیومی محمدی حمید، نصیری یوسف(۱۳۹۲). تحلیل فضایی توسعه فیزیکی شهر اقلید با استفاده از روش AHP .فصلنامه تحقیقات جغرافیایی،سال ۲۸ شماره ۳ صص :۳۱-۵۴.

ثروتی، محمدرضا، خضری، سعید، رحمانی، توفیق (۱۳۸۹). بررسی تنگناهای طبیعی توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج. پژوهشهای جغرافیای طبیعی, سال ۴۱ شماره ۶۷، صص ۳۲-۵۱

حسین زاده، محمد حسین، ثروتی، محمد رضا، صرافی، مظفر، و اسماعیلی، رضا، پناهی، رویا. ۱۳۹۳. بررسی محدودیت های ژئومورفولوژیک برای توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه، فصلنامه آمایش محیط، سال ۲۶ شماره ۱:صص ۳۸-۱۹.

حسینی هاشم، کرم امیر، صفاری امیر، قنواتی عزت اله، 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 جغرافیایی۱۱سال ۱۱ شماره ۲۳

زبردست, اسفندیار (۱۳۹۳)، کاربرد مدل F'ANP در شهرسازی. هنرهای زیبا- ،شال ۱۹ شماره ۲، صص۲۳-۳۸.

زبردست, دکتر اسفندیار. (۱۳۸۰). کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای. هنرهای زیبا, شماره۱۰

زبردست، اسفندیار، (۱۳۸۹). کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای .نشریه هنرهای زیبا ، سال ۲ شماره ۴۱صص:۷۹-۹۰.

سرور, هوشنگ, خیری‌زاده آروق, منصور, لاله‌پور, منیژه. (۱۳۹۳). نقش عوامل محیطی در امکان سنجی توسعه فیزیکی بهینه شهر ملکان .فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و برنامه ریزی شهریسال ۵ شماره ۱۸، صص:۹۵-۱۱۴.

سلیمانی مهرنجانی، محمد، مرصوصی، نفیسه، دیوسالار، اسدالله،شهاب الملک فرد، جعفر. (۱۳۹۷). تحلیل عوامل و فرایندهای محلی در تحولات فضایی شهر بجنورد طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۵. فصلنامه علمی وپژوهشی نگرش های نو در جغرافیای انسانیسال ۱۰ شماره ۳۹ صص:۳۴۱-۳۶۰.

شایان،سیاوش، شکیبافر، محمدحسین، زارع، غلامرضا،رحیمی، حجت. (۱۳۹۴). اثرات لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی برمحورهای توسعه فیزیکی شهرها .جغرافیا و برنامه ریزی محیطیسال ۲۶ شماره ۲، صص: ۱۴۷-۱۶۷.

عشورنژاد، غدیر، طاهری، مرضیه، علی، عباسپور، رحیم (۱۳۹۲). به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) در شناسایی مکان بهینهٔ ایستگاه‌های انتقال پسماند شهرستان اصفهان. محیط شناسی, سال ۳۹ شماره۳ ، صص ۱۶۵-۱۷۷.

قدسی‌پور، حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۵.

قنواتی، عزت‌اله و گودرزی دلفانی، عاطفه ۱۳۹۲. مکان‌یابی بهینه توسعه شهری با تاکید بر پارامترهای طبیعی با استفاده از مدل تلفیقی فازی AHP /مطالعه موردی شهرستان بروجرد، دوفصلنامهٔ ژئومورفولوژی کاربردی ایران، ۱سال ۱ شماره۱، صص۶۰-۴۵.

مالچفسکی، یاچک (۱۳۸۵)، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، ترجمهٔ اکبر پرهیزگار و عطا غفاری گیلانده، تهران: سمت.

مخدوم، مجید. ۱۳۸۵. شالوده آمایش سرزمین، چاپ هفتم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

مقصودی مهران، مرادی‌پور فاطمه(۱۳۹۲). مکان‌یابی مناطق بهینه جهت توسعه‌ی فیزیکی شهر الیگودرز با استفاده از نقشه‌ی ژئومورفولوژی و GISسال ۱شماره ۲ ، صص:۸۲-۷۱.

مقیمی، ابراهیم و صفاری، امیر(۱۳۸۹). ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری در قلمرو حوضه های زهکشی سطحی، مطالعه موردی: کلان شهر تهران، فصلنامه برنامه ریزی و آمایش سرزمین،سال ۱شماره ۱۴صص: ۳۱-۱.

ملکی، امجد ،عزیزی، بیان (۱۳۹۳). تنگناهای طبیعی توسعه فیزیکی شهر پاوه با تأکید بر عوارض ژئومورفولوژی، فصلنامه آمایش محیط، سال ۵شماره ۲۷صص: ۵۴-۳۷.

ملکیان، آرش، افتادگان خوزانی، اصغر، عشوری نژاد، غدیر (۱۳۹۱). پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوزه‌ی آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی. پژوهشهای جغرافیای طبیعی،سال ۴ شماره ۴۴, صص۱۳۱-۱۵۲.

نصیری هنده خاله، اسماعیل، جوان، فرهاد و یونسی سندی، ریحانه. (۱۴۰۱). بررسی تاثیرات خزش شهری بندر انزلی در پایداری کالبدی –فضایی سکونتگاه‌های پیراشهری. روستا و توسعه پایدار فضا، ۳(۴)، ۸۲-۹۸.

نگارش، حسین (۱۳۸۲)،کاربرد ژئومورفولوژی در مکان گزینی شهرها و پیامدهای آن، مجله جغرافیا و توسعه،۱سال ۱ شماره ۱۸ صص ۱۳۳-۱۵۰.

Purnamasari, R. A., Ahamed, T., & Noguchi, R. (2019). Land suitability assessment for cassava production in Indonesia using GIS, remote sensing and multi-criteria analysis. Asia-Pacific Journal of Regional Science, 3(1), 1-32.

Alonso, J. A., & Lamata, M. T., (2006), Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems, 14(04), 445-459.

Chang, N. B., Parvathinathan, G., & Breeden, J. B. (2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of environmental management, 87(1), 139-153.

Chapin F Stuart J. and Kaiser Edward J. 2009: urban Land use Planning, university of Illinois, Press urban and Chicago

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.

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).

Javan, F. and Pourgharib, B. (2024). Assessing the Impact of English Language Proficiency in Host Communities on the Sustainability of Rural Tourism(A Case Study of Villages in Gilan Province, Northern Iran). journal of sustainable rural development, 8(1), 119-130. doi: 10.22034/jsrd.2024.458005.1187

Juang, C. H., Lee, D. H., & Sheu, C. (1992). Mapping slope failure potential using fuzzy sets. Journal of geotechnical engineering, 118(3), 475-494.

Kabak, M., Dağdeviren, M., & Burmaoğlu, S. (2016). A hybrid SWOT-FANP model for energy policy making in Turkey. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 11(6), 487-495.

Kahsay, A., Haile, M., Gebresamuel, G., & Mohammed, M. (2018). Land suitability analysis for sorghum crop production in northern semi-arid Ethiopia: Application of GIS-based fuzzy AHP approach. Cogent Food & Agriculture, 4(1), 1-24.

Kordi, M., & Brandt, S. A. (2012). Effects of increasing fuzziness on analytic hierarchy process for spatial multicriteria decision analysis. Computers, Environment and Urban Systems, 36(1), 43-53.

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.

Lotfi, S., Habibi, K., & Koohsari, M. J. (2009). An analysis of urban land development using multi-criteria decision model and geographical information system (a case study of Babolsar City). American Journal of Environmental Sciences, 5(1), 87.

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.

Marshall, J. D. (2007). Urban land area and population growth: A new scaling relationship for metropolitan expansion. Urban Studies, 44(10), 1889-1904.

RazaviToosi, S. L., & Samani, J. M. V. (2016). Evaluating water management strategies in watersheds by new hybrid fuzzy analytical network process (FANP) methods. Journal of hydrology, 534, 364-376.

Saaty, T. L. (1980). The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority. Resource Allocation. RWS Publications, USA.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), 83-98.

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.

Sui , D. Z. (1992). A fuzzy GIS modeling approach for urban land evaluation. Computers, environment and urban systems, 16(2), 101-115.

Thornbush, M. (2015). Geography, urban geomorphology and sustainability. Area, 47(4), 350-353.

Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of operational research, 169(1), 1-29.

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.

Wang, S., Sheng, Z., Xi, Y., Ma, X., Zhang, H., Kang, M., ... & Han, Z. (2018). The Application of the Analytic Hierarchy Process and a New Correlation Algorithm to Urban Construction and Supervision Using Multi-Source Government Data in Tianjin. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(2), 50.

Xu, Z., & Coors, V. (2012). Combining system dynamics model, GIS and 3D visualization in sustainability assessment of urban residential development. Building and Environment, 47, 272-287.

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..

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی