

مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری توسعه‌ی (مطالعه‌ی موردی): حاشیه‌ی شهر بروجرد

پریسا کوشکی^۱، حمیدرضا پورخباز^{۲*}، شهرام یوسفی خانقاه^۳، سعیده جوانمردی^۴

۱- کارشناس ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه صنعتی

خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

۲- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء

بهبهان، بهبهان، ایران

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء

بهبهان، بهبهان، ایران

۴- عضو هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم

الانبیاء، بهبهان، ایران

دریافت: ۹۸/۹/۱۷ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۳

چکیده

امروزه توسعه‌ی شهرها بیشتر در نواحی پیرامونی و بدون توجه به توان واقعی و محدودیت‌های این اراضی انجام می‌شود. این تحقیق با روندی توصیفی و تحلیلی و با به‌کارگیری مدلی کلی‌نگر انجام شده و کاربرد روش تلفیقی تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل DEMATEL-ANP را در ارزیابی اراضی شهری نشان می‌دهد. براساس مدل اکولوژیک حرفی ایران، معیارهای اصلی تأثیرگذار بر کاربری توسعه‌ی شهری انتخاب شدند. سپس در قالب یک مدل، با کمک تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و به‌منظور تعیین شدت روابط موجود بین عوامل، از روش DEMATEL استفاده شد. استانداردسازی معیارها با منطق فازی و وزن‌دهی فاکتورها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) انجام شد و در نهایت، تلفیق لایه‌ها در محیط Idrisi توسط روش ترکیب خطی وزنی WLC صورت گرفت. بنابر نتایج، هر سه طبقه‌ی کاربری توسعه‌ی شهری در منطقه‌ی مورد مطالعه وجود دارد و مجموع مساحت مناطق دارای توان درجه‌ی ۱ و ۲ توسعه‌ی شهری ۲۴۳ کیلومتر مربع است. این مدل با تلفیق روش‌های مختلف،

راه‌حل مناسبی برای بهبود روند تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان ارائه کرد و از این طریق، وزن نهایی معیارهای مؤثر در کاربری توسعه‌ی شهری مشخص شد.

واژگان کلیدی: توسعه‌ی شهری، فرآیند تحلیل شبکه‌ای، DEMATEL، WLC، شهر بروجرد.

۱- مقدمه

امروزه گسترش شهرها به دلایل افزایش جمعیت، مهاجرت‌ها و نبودن گنجایش کافی در مراکز شهری، یکی از مهم‌ترین مسائلی است که بشر با آن روبه‌رو است. این مسئله اغلب در مناطق حاشیه‌ی شهرها رخ می‌دهد. آسیبی که به مناطق حاشیه‌ی شهرها وارد می‌شود بیشتر به‌علت نشناختن صحیح این مناطق است (Qaed Rahmati & Heidarinejad, 2009: 14). برای رسیدن به توسعه‌ی پایدار، باید به‌طور ویژه به شرایط و مدیریت این نواحی توجه شود (Pour Jafar & et-al, 2012: 11)؛ زیرا در بیشتر موارد، حاشیه‌ی شهرها محل توسعه و رشد هستند. بنابراین، زمین‌های کشاورزی و سایر اراضی مناسب در این نقاط به‌صورت گسترده‌ای تحت تأثیر تغییرشکل قرار می‌گیرند (McPherson, 1994: 186). استفاده‌ی صحیح از منابع و هماهنگی با توان موجود باعث توازن سرزمین می‌شود (Jafari, 2000: 22; Bahraini & karimi, 2002). مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مجموعه‌ای از روش‌ها هستند که براساس ناسازگاری‌های احتمالی پارامترها ارزیابی می‌شوند (Malczewski & Rinner, 2004: 3). اغلب مسائل درزمینه‌ی برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای از نوع مسائل چندمعیاره هستند (Feng, 1991: 1). برای مدل‌سازی کاربری توسعه‌ی شهری، مدل حرفی در قالب سه طبقه تهیه شده است. در مطالعه‌ای با عنوان «طراحی یک طرح کاربری پایدار سرزمین براساس ترکیبی از ارزیابی اکولوژیکی و بهینه‌سازی اقتصادی»، مدلی را به‌منظور برنامه‌ریزی کاربری زمین تهیه کردند (Cotter & et-al, 2013: 9). Qarazgulu & Alizadeh (۱۳۹۱) در ارزیابی تناسب اراضی برای استقرار صنایع به‌روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی - منطق فازی در شهرستان ملارد، با اشاره به عدم قطعیت حاکم بر فضای برنامه‌ریزی توسعه‌ی فضایی و دخیل بودن معیارهای متعدد در آن، روش AHP گروهی در تعیین ضریب اهمیت معیارها را به‌کار بردند که موجب کاهش خطای انسانی در قضاوت‌ها شده است. امینی و همکاران به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی در فرخ‌شهر، رویکرد فازی را به‌کار بردند (امینی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۹۵). نتایج این تحقیق که نشان‌دهنده‌ی توانایی روش فازی با تعدیل تغییرات و رفع مشکل عدم قطعیت در تصمیم‌گیری

است، دیدگاه واقع‌بینانه‌تری از سیستم خاک را ارائه می‌کند. محمدی و همکاران در مدل‌سازی گسترش شهر در اراضی پیرامونی با استفاده از سلول‌های خودکار (CA) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) اصفهان، با مقایسه‌ی ضریب کاپای به‌دست‌آمده با مقدار استاندارد آن، دقت مناسب مدل و افزایش کارایی مدل سلول‌های خودکار در صورت تلفیق با مدل AHP را ثابت کردند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۷۵). پورخباز و همکاران در پژوهشی با عنوان «کاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی ANP- DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی دشت قزوین»، اهمیت و تأثیر این مدل در ترکیب با روش‌های مختلف را بر تصمیم‌گیری گروهی ثابت کردند (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵۱). جوادیان و همکاران شهرستان ساری را در قالب پنج طبقه با بهره‌گیری از روش ANP ارزیابی کردند (جوادیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۵۳). پورخباز و همکاران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی FAHP چانگ و ANP- DEMATEL، تناسب اراضی برای تعیین کاربری کشاورزی را در حاشیه‌ی بهبهان ارزیابی کردند و به‌منظور رفع مشکل وابستگی داخلی معیارها، از DEMATEL استفاده کردند (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۲۹). سرائی و همکاران (۱۳۹۵) در تحلیل استراتژی‌های توسعه‌ی اکوتوریسم پایدار دره‌ی کنگ در تفرجگاه‌های پیرامون شهری، به‌منظور رفع نواقص مدل SWOT از تلفیق SWOT و ANP استفاده کردند. تادیس و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی DEMATEL Fuzzy، ANP Fuzzy و VIKOR Fuzzy برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌ی مطابق با ویژگی‌های محیط اطراف در انتخاب شهر، یک چارچوب پیشنهاد دادند. این تحقیق نشان داد که MCDM یک سیستم خبره‌ی قابل‌اجرا است و با ترکیب با روش‌های مختلف، مشکلات موجود در این زمینه برطرف می‌شود. هاونی و عنابستانی (۲۰۱۴) در تحلیل مقایسه‌ای روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی AHP و ANP در مکان‌یابی فضاهای سبز روستایی روستای چنار شهرستان کلات، ثابت کردند که روش ANP دقیق‌تر از روش AHP است. Chang و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی با هدف مکان‌یابی آپارتمان در تایوان، روش ANP، TOPSIS و دلفی فازی را به‌کار بردند. باتوجه به وابستگی بین معیارها، از روش ANP و در محاسبه‌ی وزن معیارها برای جلوگیری از محاسبه‌ی بیش‌ازحد و اضافی، از ANP و TOPSIS استفاده کردند. درنهایت، با ترکیب روش دلفی فازی،

گزینه‌ی مطلوب را انتخاب کردند. طالعی و همکاران () در ارزیابی پتانسیل تأسیس نیروگاه خورشیدی در استان قزوین، با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری TOPSIS و OWA به نتایج قابل‌قبولی دست یافتند. پژوهش نقدی و همکاران (۱۳۹۰)، نصیری و همکاران (۱۳۹۱)، حسینی و اورک (۱۳۹۱) و کرمی و همکاران (۱۳۹۱) از جمله تحقیقات دیگر در این زمینه هستند. توزیع نامتعادل کاربری‌ها، عدم هماهنگی توسعه و گسترش شهری با امکانات و توان بالقوه، ناهماهنگی ساخت‌وسازها و نیز تخریب منابع موجود از مشکلات عمده‌ی دیگر در روند توسعه‌ی شهر بروجد به‌شمار می‌روند. روند توسعه‌ی حال حاضر لزوم توجه به توسعه‌ی پایدار در طرح‌ریزی‌ها را پررنگ می‌کند. باتوجه به مطالب ذکرشده، هدف اصلی این مقاله ارائه‌ی نتایج حاصل از تلفیق دو روش DEMATEL و ANP و استفاده از نظر کارشناسان است تا با استفاده از نتایج این دو روش، مکانیابی کاربری شهری منطبق با معیارهای تأثیرگذار اجرا شود. برای این منظور، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاربری توسعه‌ی شهری تعیین شده‌اند. درنهایت، با مقایسه‌ی نقشه‌ی نهایی با واقعیت‌های محیطی، به این سؤال پاسخ داده می‌شود که آیا نتایج حاصل از تلفیق این دو روش منطبق با واقعیت‌های محیط است یا نه.

۱-۱- درآمدی بر ارزیابی توان اکولوژیک محیط زیست

ارزیابی توان محیط زیست (توان اکولوژیک و توان اقتصادی-اجتماعی) برآورد استفاده‌ی ممکن انسان از سرزمین برای انواع کاربری‌ها است (Makhdoum, 1999). به بیان دیگر، ارزیابی توان اکولوژیک به‌معنای ارزش‌گذاری هریک از لکه‌های یکنواخت و همگن سرزمین برای انواع کاربری‌های مختلف است (Sante- Riveira & et-al, 2008). بنابراین، در هریک از مناطق، درجه‌ی مرغوبیت سرزمین برای انواع توسعه مشخص می‌شود. نتیجه‌ی این کار، کاهش و به حداقل رساندن پیامدهای منفی ناشی از توسعه بر محیط زیست است. بنابراین، برای پیاده‌سازی توسعه در محیط، باید قبل از برنامه‌ریزی، توان اکولوژیک در چارچوب یک برنامه‌ریزی منطقه‌ای ارزیابی شود (Makhdoum, 1992: 209).

۲-۱- مدل حرفی

اساس این روش بر ترکیب‌های متنوع متغیرها و توصیف جملات درمورد آن‌ها استوار است (ESM, 1981: 18). همچنین، انواع مسیرهای حصول اهداف و زیراهداف را به صورت گام‌به‌گام نشان می‌دهد. در این نگارش، جمع‌بندی داده‌های منطبق با هم در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند؛ به‌گونه‌ای که علاوه بر پاسخگویی به تمامی اهداف، زیراهداف و مشکلات، با یکدیگر مرتبط باشند. نمونه‌ی بارز مدل‌های حرفی، مدل‌های اکولوژیکی ایران است (Amiri, 2009: 124; Makhdoum, 1999).

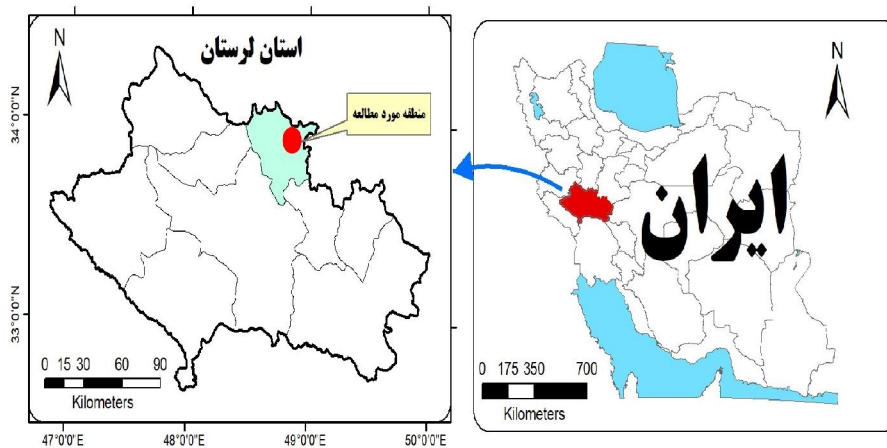
۳-۱- GIS و سیستم‌های تصمیم‌گیری مکانی

به‌منظور به‌کارگیری سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، همپوشانی بین منافع و اطلاعات سیاسی، اجتماعی و محیطی و تغییر مداوم آن‌ها ضرورت دارد (Ferdowsi, 2005). علاقه‌مندان به مدل‌سازی در برنامه‌ریزی، امروزه به توسعه‌ی مدل‌ها در چارچوب سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری گرایش دارند (Asgari & et-al, 2002). اغلب مسائل تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای جزو مسائل چندمعیاره است (Feng & Xu, 1999: 1; Asgari & et-al, 2002).

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده و قلمرو پژوهش

شهرستان بروجرد در طول شرقی و داخل ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۶ دقیقه قرار دارد. ارتفاع متوسط منطقه ۱۵۷۰ متر است. حوزه‌ی گله‌رود در قسمت شمال غربی این شهرستان واقع شده است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن با ضریب ۱۸/۶ نیمه‌خشک و براساس طبقه‌بندی آمبرژه با ضریب ۴۱/۲ نیمه‌مرطوب سرد است. در شکل ۱، موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.

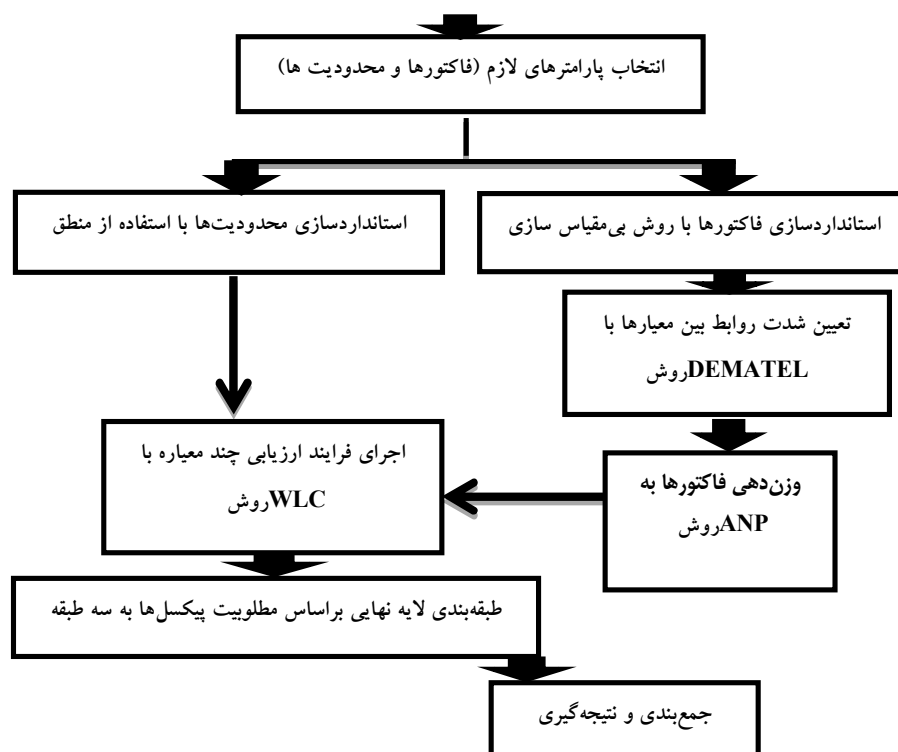


شکل ۱: محدوده‌ی منطقه‌ی مطالعاتی

۲-۲- آماده‌سازی نقشه‌های معیارهای اکولوژیکی

در این پژوهش، تمام لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار ArcMap ۱۰ طبقه‌بندی شدند و سیستم مختصات آن‌ها تعیین شد. این تحقیق از نوع کاربردی است و اطلاعات به دو شکل کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است. برای مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربردی توسعه‌ی شهری، پارامترهایی شامل سرعت باد (Cw)، بافت (Pte)، عمق (Pd)، سنگریزه (Ps_۲)، تحول‌یافتگی (Ps_۱)، زهکشی (Pdr) و فرسایش خاک (Es)، بارندگی (Cp)، دما (Ct)، دبی (Wc)، ارتفاع (E)، رطوبت (Ch)، سنگ (Li)، شیب (So) و تراکم پوشش گیاهی (Vgo) وجود دارد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۳) که به‌منظور بردار وزن، در سه خوشه‌ی بیوهیدروکلیماتولوژی، شکل زمین و خاک قرار گرفتند. برای انجام کار، از نرم‌افزارهای ArcGIS 10، IDRISI Selva، MATTALAB و Super Decision استفاده شد. ابتدا پارامترهای اکولوژیک لازم برای ارزیابی توان کاربردی توسعه‌ی شهری آماده‌سازی شد. برای به‌دست آوردن لایه‌های شیب و طبقه‌بندی مجدد ارتفاع از نقشه‌ی کنتور (۱:۲۵۰۰۰) استفاده شد. برای این منظور، ابتدا از نقشه‌ی کنتور نقشه‌ی TIN تهیه شد و از TIN به‌دست‌آمده نقشه‌های شیب و ارتفاع استخراج و نقشه‌ها طبقه‌بندی شدند. قبل از انجام عملیات ادغام کردن نقشه‌ها، باید تمامی لایه‌ها استاندارد شوند تا با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری، قابلیت ادغام داشته باشند. برای این منظور، محدودیت‌ها، شامل مراتع خوب، جاده، رودخانه، گسل اصلی و گسل فرعی، براساس منطق بولین به‌صورت صفر و یک طبقه‌بندی مجدد (استانداردسازی) و سپس با استفاده از منطق اشتراک (AND)،

روی هم‌گذاری شدند. لایه‌های ارتفاع، سنگریزه و عمق خاک و تراکم پوشش گیاهی با استفاده از تابع عضویت خطی و لایه‌ی شیب با استفاده از User Defined استاندارد شدند. برای تعیین بردار وزن معیارها و تلفیق، از مدل ترکیبی DEMATEL و ANP استفاده شد. پس از وزن‌دهی فاکتورها، مراحل مربوط به تلفیق لایه‌ها با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌منظور دستیابی به مناطق مستعد کاربری توسعه‌ی شهری آغاز شد. برای تلفیق لایه‌ها، از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) استفاده شد. سپس، برای مشخص شدن طبقات کاربری توسعه‌ی شهری روی نقشه‌ی ارزیابی، از هیستوگرام و نقاط شکست مقادیر مطلوبیت نقشه کمک گرفته شد. درنهایت، طبقه‌بندی مجدد توسعه‌ی شهری انجام شد و نقشه‌ی نهایی ارزیابی توان به‌دست آمد. در شکل ۲، روند تحقیق نشان داده شده است.



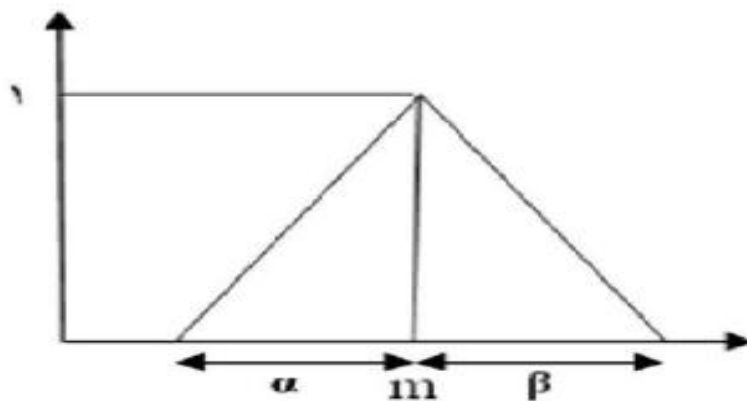
شکل ۲: روندنما برای اجرای مدل‌سازی توان اکولوژیک توسعه‌ی شهری

۳-۲- استانداردسازی معیارها با منطق فازی

پروفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵، تئوری فازی را به‌منظور لحاظ کردن عدم اطمینان و ابهام در حل مسائل مختلف بیان کرد (Rostamzadeh & Sofian, 2011: 38). در واقع، در فرآیند فازی‌سازی، یک‌سری ورودی‌ها وارد می‌شوند و با استفاده از توابع عضویت، درجه‌ی مناسبی به هر یک از پارامترها نسبت می‌دهند. در این مطالعه، پس از آماده‌سازی و تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی براساس روندنما، به‌منظور استانداردسازی (بی‌بعد کردن) لایه‌های کمی، از توابع عضویت خطی در محیط Idrisi استفاده شد و چون مقادیر لایه‌های کیفی به‌صورت اسمی تعریف شده است، باید آن‌ها را به‌صورت عددی دربیابیم. برای لایه‌های کیفی، از اعداد فازی مثلثی (جدول ۱) در محیط ArcGIS استفاده شد. سپس، برای دی‌فازی کردن، از فرمول زیر استفاده شد:

$$X = m + \frac{\beta - \alpha}{4} \quad 1$$

در مرحله‌ی دی‌فازی کردن، از عدد فازی مثلثی استفاده می‌شود که به‌صورت (m, α, β) بیان می‌شود. طبق شکل ۳، m رأس مثلث روی محور X ، α دامنه‌ی سمت چپ m و β دامنه‌ی سمت راست m است.



شکل ۳: نمودار اعداد فازی مثلثی

جدول ۱: ارزیابی مقیاس فازی

تعریف	مقیاس فازی مثلثی	اعداد قطعی
اهمیت مطلق	(۷،۹،۹)	۰/۹۳۷۵
اهمیت خیلی قوی	(۵،۷،۹)	۰/۷۵
اهمیت قوی	(۳،۵،۷)	۰/۵
اهمیت ضعیف	(۱،۳،۵)	۰/۲۵
اهمیت یکسان	(۱،۱،۳)	۰/۰۶۲۵
دقیقاً مساوی	(۱،۱،۱)	۱

۴-۲- استانداردهای محدودیت‌ها با استفاده از منطق بولین

برای اجرای ارزیابی چندعامله، روش تجزیه و تحلیل سیستمی به کار می‌رود. این روش براساس منطق بولین است (مخدوم، ۱۳۸۰). در استانداردهای محدودیت، از منطق بولین استفاده می‌شود. اجرای این منطق برای لایه‌های محدودیت به این شکل است که به بخش‌های مربوطه ارزش ۰ و به سایر بخش‌ها که جزو محدودیت نیستند، ارزش ۱ داده می‌شود (Land Use Guidelines, 2008).

۵-۲- روش آزمون ارزیابی و تصمیم‌گیری (DEMATEL)

این روش روابط علی و معلولی را به صورت عددی بیان می‌کند. از این روش برای ساخت و تحلیل مدل ساختاری مربوط با روابط علی و معلولی پیچیده‌ی موجود بین عوامل مسئله استفاده می‌شود. این روش بر مبنای نظریه‌ی گراف است (Wu, 2008: 828).

یک سری از اطلاعات فرضی با استفاده از روش مذکور ساختار بندی می‌شوند؛ به طوری که می‌توان شدت ارتباطات موجود را از امتیازدهی صورت گرفته بررسی کرد. همچنین، روابط انتقال‌ناپذیر موجود با این روش محاسبه می‌شود. مبنای DEMATEL به این شکل است که مقایسات زوجی روابط موجود در بین مجموعه‌ای از معیارها با استفاده از معادلات ریاضی مدل می‌شوند (Tseng, 2009: 7738). خلاصه‌ی مراحل این روش به صورت زیر است:

۱. ساخت ماتریس اولیه‌ی رابطه‌ی مستقیم و محاسبه‌ی ماتریس میانگین: به منظور تعیین شدت رابطه و تأثیر متقابل (ضریب اثرگذاری) معیارها، از نظرات متخصصان استفاده می‌شود. ارزیابی و جهت تأثیر بین دو معیار براساس امتیازهای 1 به کار می‌رود. برای دخالت دادن دیدگاه‌های H پاسخ‌دهنده، ماتریس میانگین $A=[a_{ij}]$ به صورت زیر می‌تواند ساخته شود:

۲.

$$a_{ij} = \frac{1}{H} \sum_{k=1}^H x_{ij}^k \quad : ۲$$

جدول ۲: مقادیر کمی معادل با مفاهیم کلامی ماتریس

مقادیر کمی	مفاهیم کلامی
۰	بی تأثیر
۱	تأثیر بسیار کم
۲	تأثیر کم
۳	تأثیر متوسط
۴	تأثیر شدید
	تأثیر بسیار شدید

۲. محاسبه‌ی ماتریس نرمال رابطه‌ی مستقیم: ماتریس اولیه‌ی رابطه‌ی مستقیم D از طریق معادله‌های زیر نرمال می‌شود:

$$D = A \times S \quad : ۳$$

$$S = \min \left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n |Z_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^n |Z_{ij}|} \right] \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad : ۴$$

۳. محاسبه‌ی ماتریس روابط کل: ماتریس روابط کل T می‌تواند براساس معادله‌ی زیر به‌دست می‌آید؛ درحالی که منظور از I ماتریس واحد است:

$$T = D (I - D)^{-1} \quad : ۵$$

مجموع سطرها و ستون‌ها به‌ترتیب با بردارهای r و c در ماتریس T نشان داده می‌شوند (Kangas & et-al, 2003: 3). بردار محور افقی $r+c$ بردار برتری است که میزان اهمیت هر معیار را بیان می‌کند. محور عمودی $c-r$ بردار رابطه نامیده می‌شود و تأثیر خالصی را نشان می‌دهد که معیار i بر کل سیستم می‌گذارد.

۴. تعیین مقدار آستانه: از آنجا که ماتریس T اطلاعاتی درزمینه‌ی میزان تأثیر یک معیار می‌دهد، باید تصمیم‌گیرنده یک مقدار آستانه برای فیلتر کردن آثار جزئی به‌وجود آورد. در دیاگرام (مدل ساختاری)، تنها آثار بزرگ‌تر از آستانه وارد می‌شوند.

۵. اجرا و تحلیل مدل مفهومی ساختاری (دیاگرام علت و معلولی): دیاگرام علت و معلولی براساس ترسیم زوج‌مرتبه‌های C-T و T+C به‌دست می‌آید که درون‌بینی باارزشی را برای تصمیم‌گیری فراهم می‌کند (Shrestha & et-al, 2004: 185). برای ترسیم دیاگرام علی (مدل مفهومی)، ماتریس F ساخته می‌شود. مقادیر ماتریس براساس ماتریس T و مقدار آستانه (ω) تعیین می‌شود. اگر $t_{ij} \geq \omega$ باشد آن‌گاه f_{ij} برابر ۱ می‌شود و در غیر این صورت، مقدار صفر را دریافت می‌کند (Wu, 2008: 828).

۶-۲- فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و مراحل آن

فرآیند تحلیل شبکه یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرم توسعه‌یافته‌ی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است.

تفاوت روش AHP و ANP این است که روش AHP روابط یک‌طرفه را به‌کار می‌برد و روش ANP با به‌کارگیری روابط دوطرفه و متقابل بین معیارهای تصمیم‌گیری، به‌شکلی کلی‌تر آن‌ها را بررسی می‌کند. بنابراین، روش ANP در مواقعی به‌کار می‌رود که معیارها از یکدیگر مستقل نباشند (Atai, 2010). در فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای، اندازه‌گیری مقادیر و اهمیت نسبی همانند فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی با مقایسه‌های زوجی و به‌کمک طیف ۱ تا ۹ انجام می‌شود که در آن، ۱ نشان‌دهنده‌ی نبودن تفاوت بین دو معیار و ۹ نشان‌دهنده‌ی تفاوت شدید یک معیار با معیار دیگر است. با این حال، مقایسه‌های زوجی در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، اهمیت دو معیار و در فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای، میزان تأثیر معیارها بر یکدیگر را نشان می‌دهد. مراحل روش ANP به شرح زیر است:

۱. ساخت مدل (شبکه) تحلیل: در این مرحله، معیارهای مؤثر در تصمیم‌گیری نهایی که به‌روش DEMATEL همراه با نظرخواهی از متخصصین مشخص شدند، به یکدیگر متصل می‌شوند و ساختار شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند. ارتباط اجزاء در شبکه نشان‌دهنده‌ی تأثیر عناصر بر یکدیگر است. معیارهای درون هر خوشه با یکدیگر مرتبط هستند و ممکن است با معیارهای سایر خوشه‌ها نیز ارتباط داشته باشند.

۲. تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی و محاسبه‌ی بردارهای وزن: ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی تأثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی

تشکیل می‌شود تا به کمک آن‌ها، وزن عناصر به دست آید. پس از آنکه مقایسه‌ی زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن (W) محاسبه می‌شود که ساعتی روش زیر را پیشنهاد داده است:

$$Aw = \lambda_{\max} W \quad :6$$

λ_{\max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه‌ی ماتریس A است. بردار w با استفاده از $a = \sum_{i=1}^n Wi$ نرمال می‌شود. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها، از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می‌شود که این شاخص با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad :7$$

در مجموع، اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسه تأیید می‌شود.

۳. تشکیل سوپرماتریس اولیه: براساس مقایسه‌ی زوجی که در مرحله‌ی قبل انجام شد، چند ماتریس ساخته و وزن نسبی هر ماتریس محاسبه می‌شود. سپس، وزن‌های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه‌ی متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند.

۴. تشکیل سوپرماتریس وزنی: برای آنکه از عناصر ستون سوپرماتریس اولیه متناسب با وزن نسبی آن‌ها فاکتور گرفته و جمع ستون برابر ۱ شود، هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود. در نتیجه، ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر ۱ خواهد بود.

۵. محاسبه‌ی بردار وزنی عمومی - سوپرماتریس حد: در مرحله‌ی بعد، سوپرماتریس وزنی به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند. در این مورد، جمع سطر سوپرماتریس وزنی به صورت زیر همگرا می‌شود:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w^k \quad :8$$

۷-۲- ترکیب خطی لایه‌ها

روش ترکیب خطی وزنی (WLC) از پرکاربردترین روش‌ها در تحلیل ارزیابی چندمعیاره است. WLC روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. وزن‌دهی در این روش به صورت مستقیم و طبق اهمیت نسبی هر معیار موردبررسی است. اساس این روش میانگین وزنی است. مقدار نهایی از ضرب وزن نسبی در مقدار ویژگی مربوطه حاصل می‌شود. از بین گزینه‌های حاصل‌شده،

ایده‌آل‌ترین گزینه‌ها آن‌هایی هستند که بیشترین مقدار را داشته باشند. ارزش هر معیار از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$A_i = \sum_{j=1}^n W_j \times X_{ij} \quad :9$$

در این رابطه، W_j وزن شاخص Z_j و X_{ij} مقداری است که مکان i ام در رابطه با شاخص Z_j به خود پذیرفته است. به عبارت دیگر، این مقدار می‌تواند بیانگر درجه‌ی مناسب بودن مکان i ام در رابطه با شاخص Z_j باشد. n تعداد کل شاخص‌ها و A_i مقداری است که در نهایت به مکان i ام تعلق می‌گیرد. در این روش، باید مجموع وزن‌ها برابر یک باشد که در صورت نبودن چنین شرایطی، باید در مرحله‌ی آخر، A_i بر مجموع کل وزن‌ها تقسیم شود. A_i نیز عددی بین صفر و یک خواهد بود (Pahizkar & Ghaffari Gilandeh, 1385).

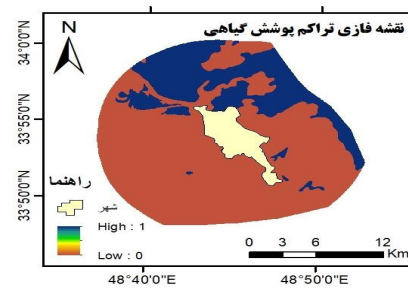
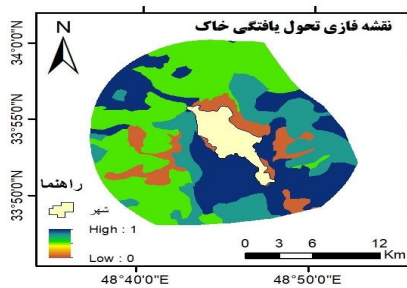
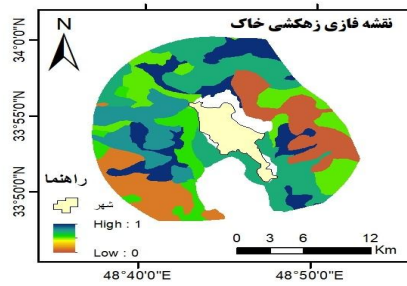
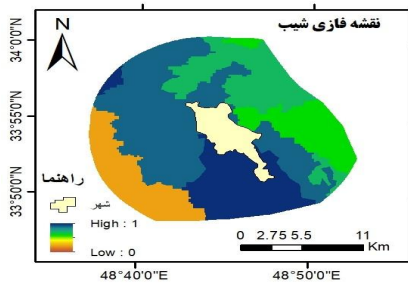
۳- نتایج و یافته‌های تحقیق

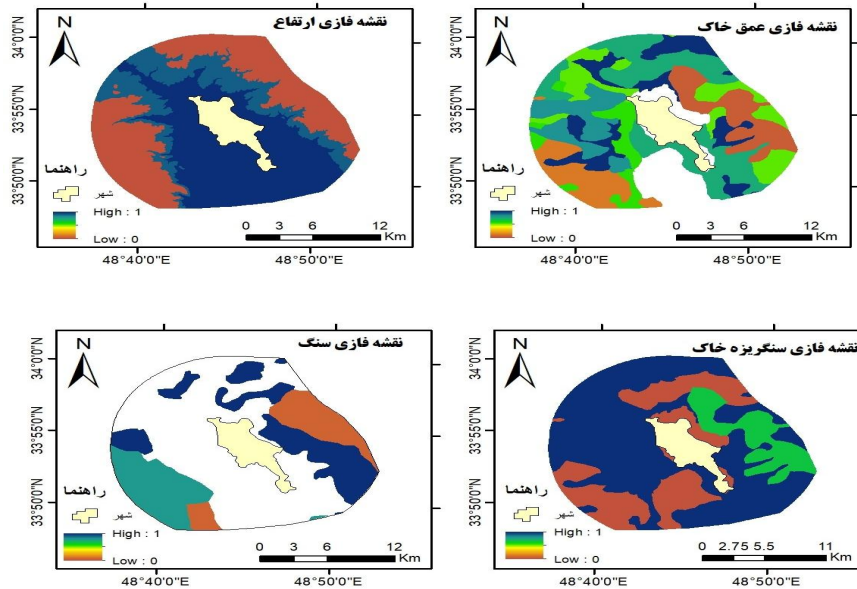
نتایج مطالعات پارامترهای اکولوژیک منطقه‌ی مورد مطالعه به صورت نقشه‌های رقومی درآمده‌اند. سپس، طی فرآیند فازی‌سازی از توابع عضویت استفاده شد. برای این منظور، پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی طی استانداردسازی لایه‌های کمی از توابع عضویت خطی در محیط Idrisi و چون مقادیر لایه‌های کیفی به صورت اسمی تعریف شده است، باید آن‌ها به صورت عددی درآیند. شکل ۴ برخی از پارامترهای اکولوژیک مورد نظر را نشان می‌دهد.

جدول ۳: امتیازبندی پارامترهای اکولوژیکی کاربری توسعه‌ی شهری

طبقات پارامترها	طبقه‌ی اول	طبقه‌ی دوم	طبقه‌ی سوم
سرعت باد غالب (km/h)	۳/۵-۳۲	۳/۵-۳۲	۳۲-۶۱
بافت خاک	لومی رسی	لومی رسی، شنی لومی	لومی ماسه‌ای، لومی رسی سیلتی
عمق خاک (cm)	-	۱۵۰-۳۵	۱۸
درصد سنگریزه	۵۰-۵	۵۰-۵	۸۰-۶۰
تحول یافتگی	نیمه تحول یافته، تحول یافته	نیمه تحول یافته	در حال تحول، تحول نیافته
زهکشی	زیاد، خوب	متوسط	کم
فرسایش	خیلی کم	کم	زیاد
بارندگی (mm)	۵۰۰-۷۰۲	۲۰۰-۷۰۲	۲۰۰ >

۳۰<	۱۴/۶	۱۴/۶	دما (°c)
<۳۰۰۰	۳۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	۶۰۰۰-۱۰۰۰۰	دبی آب (سال/م ^۳)
۲۸۴۰	۱۸۰۰	۱۷۰۰	ارتفاع از سطح دریا (m)
۴۰<	۴۲	۴۲	رطوبت نسبی (درصد)
سنگ گچ و صخره‌های دیوریت و گرانیت، برش رادیولاریت‌دار	اسلیت و ماسه‌سنگ فیلتی، سنگ آهک، کنگلومرا و ماسه‌سنگ، سنگ آهک و دولومیت، سنگ آهک کوارتزی و آتشفشانی	اسلیت و ماسه‌سنگ فیلتی، کنگلومرا و ماسه‌سنگ	سنگ مادر
۲۱	۱۲-۲	۱۲-۲	شیب (درصد)
۶۰	۴۹.۲۴	۲۴	تراکم پوشش گیاهی





شکل ۴: نقشه‌ی فازی پارامترهای کاربری توسعه‌ی شهری

با استفاده از این نقشه‌ها و اطلاعات توصیفی مربوط به محدوده‌ی مورد مطالعه، پایگاه اطلاعاتی برای تحلیل منابع تهیه شد. به منظور رفع مشکل وابستگی داخلی معیارها، از DEMATEL استفاده شد و ضریب تأثیرگذاری معیارها از طریق ماتریس مجموع تأثیرات معیارها بررسی شد. برای این منظور، ابتدا ماتریس روابط کل معیارها و سپس مجموع تأثیرات معیارها (جدول ۴) حاصل شد.

جدول ۴: مجموع تأثیرات معیارها

معیارهای اکولوژیکی	r	c	r+c	r-c
رطوبت نسبی	1/1	1/28	2/38	-0/17
دما	1/14	1/06	2/21	0/07
بارندگی	0/92	2/03	2/95	-1/1
شیب	1/22	1/89	3/11	-0/67
ارتفاع	0/94	2/2	3/14	-1/25
سرعت باد	0/74	1/5	2/25	-0/76

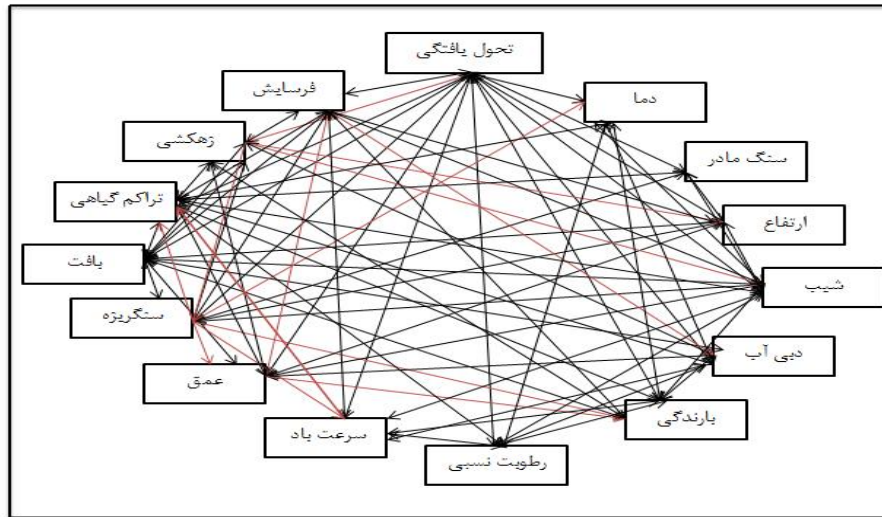
ادامه جدول شماره ۴

معیارهای اکولوژیکی	r	c	r+c	r-c
تحول یافتگی	1/76	0/72	2/49	1/04
فرسایش خاک	1/91	1/43	3/35	0/48
عمق	1/74	1/31	3/06	0/43
سنگریزه	1/46	۱/۲	2/67	0/25
زهکشی	1/93	1/37	3/3	0/55
بافت	1/76	1/32	3/08	0/43
دبی آب	1/63	1/65	3/28	-0/02
تراکم گیاهی	۲/۳۷	1/71	4/09	0/66
سنگ مادر	۱/۲۷	1/21	2/49	0/06

سپس، برای اجرای مقایسه‌های صحیح، پس از تهیه‌ی ماتریس حد آستانه (جدول ۵) و به‌دنبال آن، مدل مفهومی ساختاری (شکل ۵)، معیارها در سه خوشه قرار گرفتند و نظرهای کارشناسی تحلیل در روش مذکور، به‌صورت جدول سوپرماتریس حد (جدول ۶) تهیه شدند. درنهایت، وزن نهایی معیارها مطابق جدول ۷ به‌دست آمد.

جدول ۵: ماتریس حد آستانه (F)

معیارهای اکولوژیکی	رطوبت نسبی	دما	بارندگی	شیب	ارتفاع	سرعت باد	تحول یافتگی	فرسایش	عمق	سنگریزه	زهکشی	بافت	دبی	تراکم گیاهی	سنگ مادر
رطوبت نسبی	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دما	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بارندگی	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شیب	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ارتفاع	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سرعت باد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تحول یافتگی	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰
فرسایش	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰
عمق	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
سنگریزه	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
زهکشی	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰
بافت	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰
دبی	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
تراکم گیاهی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱
سنگ‌مادر	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰



شکل ۵: مدل مفهومی ساختاری (نقشه‌ی تأثیر - رابطه)

جدول ۶: سوپر ماتریس حد

خوشه‌ها و گره‌ها (معیارها و زیر معیارها)	خاک						شکل زمین				بیوهیدروکلیماتولوژی					
	عمق	سنگریزه	بافت	فرسایش	زهکشی	تراکم گیاهی	شیب	ارتفاع	دما	نم	دبی آب	بارندگی	سنگ مادر	ارتفاع	شیب	دبی آب
کلیه	عمق	۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۰	۶/۰	۱۶/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰
	سنگریزه	۱/۰	۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	بافت	۶۵/۰	۶۵/۰	۰	۶۵/۰	۶۵/۰	۶۵/۰	۶۵/۰	۷۸/۰	۶۰/۰	۸۱/۰	۰	۱۶/۰	۵۱/۰	۶۱/۰	۶۱/۰
	فرسایش	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰	۷۳/۰
	زهکشی	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۱۱/۰
	تحول یافتگی	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰	۸۵/۰
شیب	عمق	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰
	سنگریزه	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰
	بافت	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰
	فرسایش	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰
	زهکشی	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰
	تحول یافتگی	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰	۷۵/۰

ادامه جدول شماره ۶

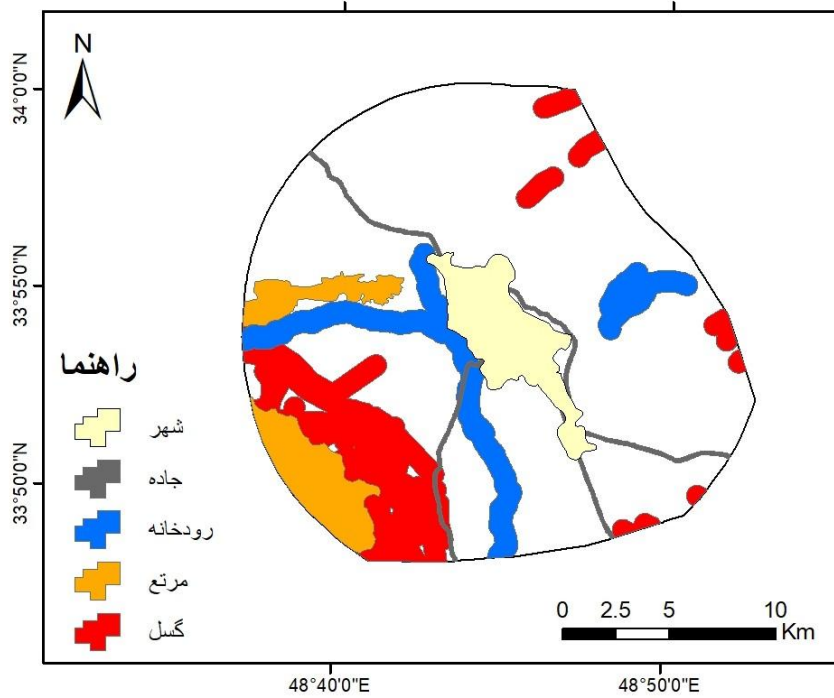
خوشه‌ها و گره‌ها (معیارها و زیرمعیارها)	شکل زمین		خاک		بیوهیدروکلیماتولوژی							
	نسبت	کاه میکس	نسبت	کاه میکس	نسبت	کاه میکس	نسبت	کاه میکس	نسبت	کاه میکس	نسبت	کاه میکس
سنگ مادر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ارتفاع	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دما	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰
	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰
رطوبت نسبی	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰
	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰
سرعت باد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تراکم گیاهی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بارندگی	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰
	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۵۵/۰

جدول ۷: وزن نهایی معیارها

معیار	وزن نهایی
عمق	۰/۲۰۴
سنگریزه	۰/۱۱۲
بافت	۰/۲۰۶
فرسایش	۰/۱۷۹
زهکشی	۰/۰۸۸
تحول‌یافتگی	۰/۲۱
شیب	۰/۴۴۷
سنگ مادر	۰/۱۱۳
ارتفاع	۰/۴۳۹
دما	۰/۱۶۷
دبی	۰/۰۶۵
سرعت باد	۰/۱۵
تراکم گیاهی	۰/۲۵۴
رطوبت نسبی	۰/۱۳۲
بارندگی	۰/۲۲۹

۱-۳- نقشه‌ی محدودیت‌ها

در این مطالعه، لایه‌های محدودیت برای کاربری توسعه‌ی شهری، از جمله مراتع خوب، جاده با بافر ۱۰۰ متر طبق راهنمای کاربری اراضی حریم راه‌ها و راه‌آهن، رودخانه با بافر ۵۰۰ متر، گسل اصلی با بافر ۱۰۰۰ متر و گسل فرعی با بافر ۵۰۰ متر تعیین شد (شکل ۶).



شکل ۶: نقشه‌ی محدودیت کاربری توسعه‌ی شهری

۲-۳- اجرای فرآیند ارزیابی با روش WLC

در این مرحله، هر فاکتور در وزن آن و مجموع آن برای تمام فاکتورها در نقشه‌ی محدودیت ضرب شد. مطلوبیت در این نقشه با اعداد بین ۰ تا ۱ بیان شده است. به منظور ارائه‌ی طبقه‌بندی صحیح از نقشه‌ی به‌دست‌آمده، این نقشه Strech شد و نقشه‌ی به‌دست‌آمده که نمایانگر لایه‌ای با طیفی از مطلوبیت‌های متفاوت پیکسل‌ها (۰ تا ۲۵۵) است. مطلوبیت بیشتر نشان‌دهنده‌ی درجه‌ی توان بالاتر و مطلوبیت کمتر بیانگر درجه‌ی توان پایین‌تر برای کاربری توسعه‌ی شهری است. میزان مطلوبیت هر پیکسل نشان‌دهنده‌ی میزان مطلوبیت پارامترها و نیز وزن‌های مربوط به آن‌ها است. طبق هیستوگرام (شکل ۷) مربوط به نقشه و تعیین نقاط شکست، کاربری توسعه‌ی شهری در سه طبقه طبقه‌بندی شد. پس از بررسی‌های میدانی، واقعیت‌های محیط منطقه نشان می‌دهد که قسمت‌های جنوبی، به‌خصوص جنوب غربی، شرایط

مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری توسعه‌ی ... _____ حمید پورخباز و همکاران

مناسب برای توسعه‌ی شهری را ندارند؛ بنابراین، باید از توسعه‌ی بی‌رویه در جهت ذکر شده جلوگیری شود.

۳-۳- تعیین صحت روش ارزیابی

ضریب کاپا

ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند؛ یعنی مقدار کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی محاسبه می‌کند که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی می‌شود. این محاسبه در رابطه‌ی ۱۰ نشان داده شده است.

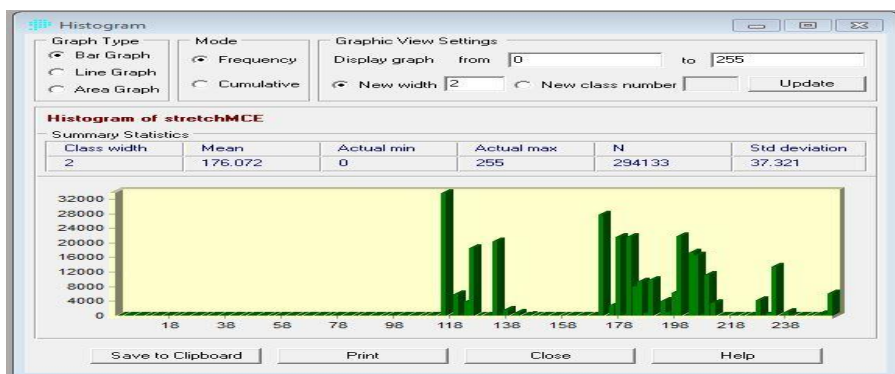
$$K = \frac{\text{observed accuracy} - \text{change agreement}}{1 - \text{change agreement}} \quad :10$$

رابطه‌ی محاسبه‌ی این ضریب به صورت زیر است:

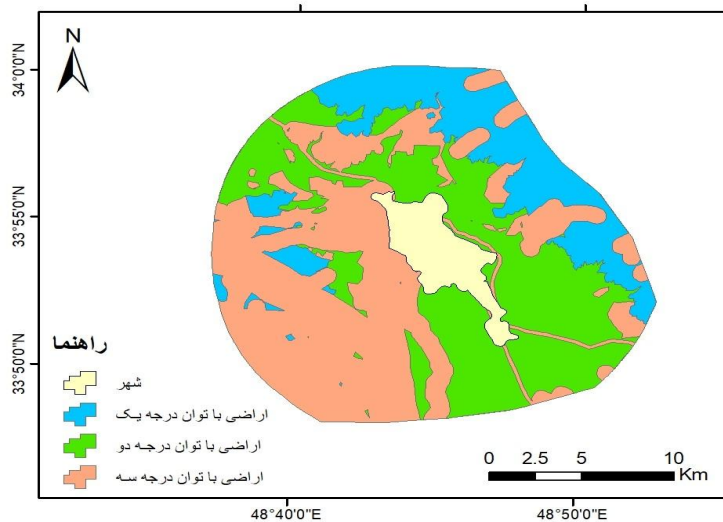
:۱۱

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

در این رابطه، N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{+i} مجموع عناصر سطر i و X_{i+} مجموع عناصر ستون i است. در این تحقیق، ضریب کاپا در نرم‌افزار IDRISI 16.3 محاسبه شد.



شکل ۷: هیستوگرام پراکنش داده‌ها



شکل ۸: نقشه نهایی ارزیابی کاربری توسعه‌ی شهری منطقه‌ی مطالعاتی

۴- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که محدوده‌های شمالی و شمال شرق منطقه با تراکم گیاهی مناسب و بخش شرقی منطقه با زهکشی ایده‌آل و غالبیت ماسه‌سنگ، منطبق با طبقه‌ی یک کاربری شهری هستند. در مرحله‌ی تلفیق لایه‌ها به‌روش ترکیب خطی وزن‌دارشده، نقشه‌ی نهایی ارزیابی توان (شکل ۸) نشان می‌دهد که منطقه‌ی مورد مطالعه از لحاظ توان کاربری توسعه‌ی شهری به ۳ طبقه (اراضی با توان درجه‌ی ۱، توان درجه‌ی ۲ و فاقد توان) تقسیم شده است. همان‌گونه که مشخص شد، معیارهای شیب، ارتفاع، تراکم گیاهی، بارندگی و تحول‌یافتگی خاک بیشترین اثرها را در ارزیابی توان کاربری توسعه‌ی شهری داشته‌اند. با مقایسه‌ی لایه‌های تهیه‌شده با واقعیت‌های محیطی منطقه، مشخص شد که قسمت‌های شمالی، شمال شرق و شرق محدوده اغلب توان درجه‌ی ۱ برای کاربری توسعه‌ی شهری دارند که در این مناطق، بیشترین نوع بافت خاک سیلتی رسی لومی است. بخش‌های زیادی از جنوب، جنوب شرق و شمال غرب دارای توان درجه‌ی ۲ هستند. در این بخش‌ها، بافت خاک شنی لومی و لومی رسی است. همچنین، عمده‌ی قسمت توان کاربری توسعه‌ی شهری بخش‌های جنوب غرب و غرب منطقه را ندارد که طبق نقشه‌ی محدودیت‌ها، اکثر محدودیت‌ها، شامل مراتع خوب، جاده، رودخانه و گسل، در این قسمت‌ها واقع شده‌اند. بنابراین، می‌توان با به‌کارگیری روش‌های

صحیح از پیشروی توسعه‌ی شهری در جهت بخش‌های نامناسب و خطرآفرین پیشگیری کرد. در نتیجه، از منابع موجود در منطقه در حد توان و ظرفیتشان استفاده خواهد شد و همچنین، محیط زیست منطقه حفظ خواهد شد. در بین مطالعه‌های مشابه پژوهش حاضر، عزیزیان و همکاران با به‌کارگیری روش AHP و WLC، توان اکولوژیک حاشیه‌ی شهر تبریز را به‌منظور توسعه‌ی پایدار شهری ارزیابی کردند (عزیزیان و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۱۳). در این روش، برخلاف روش پژوهش حاضر، روابط معیارها و ضریب تأثیرشان لحاظ نمی‌شود و این دقت و کیفیت کار را کاهش می‌دهد. قنبری و روستایی اولویت‌های برنامه‌ریزی و آمایش مناطق مرزی در استان آذربایجان شرقی را با به‌کارگیری مدل تحلیل شبکه (ANP) بررسی کردند (قنبری و روستایی، ۲۰۱۳: ۳۳۵). این پژوهش نشان‌دهنده‌ی توان مدل ANP در زمینه‌سازی برای به‌کارگیری متغیرهای متعدد و چندمعیاره در اولویت‌دهی به برنامه‌ها به‌منظور توسعه‌ی آمایش مناطق مرزی کشور است. رضوی طوسی و محمدوالی سامانی (۲۰۱۳: ۷۵) در اولویت‌بندی مدیریتی تعدادی از حوضه‌های آبریز کشور با روش‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و الگوریتم ترکیبی جدید براساس ANP-TOPSIS فازی، ثابت کردند که تعیین وزن راهبردها با استفاده از روش ANP اختلاف بین گزینه‌ها را بهتر مدل می‌کند (رضوی طوسی و محمدوالی سامانی، ۲۰۱۳: ۷۵). همچنین، این روش با در نظر گرفتن ارتباطات شبکه‌ای بین معیارها، به نتایج دقیق‌تری در تصمیم‌گیری منجر می‌شود و تفاوت امتیاز گزینه‌ها را بهتر نشان می‌دهد. مؤلفان در این پژوهش همانند پژوهش حاضر به اهمیت کاربرد روش ANP در ارزیابی و مدل‌سازی رسیدند. روش ANP در مقایسه با AHP، توانایی بررسی سازگاری در قضاوت‌ها و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها را دارد و همچنین، دارای امکان رفع محدودیت‌های آن، از جمله یک‌طرفه در نظر گرفتن روابط و بی‌توجهی به وابستگی‌های متقابل، است. شهابیان و اسدی (۲۰۱۵) در ارزیابی قابلیت پیاده‌محوری در محدوده‌ی ایستگاه متروی تجریش با روش QFD و ANP و با استفاده از مقایسه‌ی تحلیلی امتیازات، راه‌حل‌های مربوطه را اولویت‌بندی کردند.

از جمله نوآوری‌های این تحقیق ترکیب دو روش ANP و DEMATEL برای اولین بار در محدوده‌ی مورد مطالعه به‌منظور کاربری توسعه‌ی شهری و مقایسه‌ی نتایج به‌دست‌آمده با واقعیت زمینی است. این پژوهش با تعیین نواحی مناسب توسعه می‌تواند در راستای اهداف کلان آمایشی توسعه‌ی استان لرستان، از جمله توسعه‌ی پایدار، راهبردهای آمایش در بخش اجتماعی- فرهنگی مرتبط با توسعه‌ی شهری، ایجاد نظام سلسله‌مراتب عملکردی بین مراکز شهری و تجهیز روستاهای مرکزی، تعدیل نابرابری‌های ناحیه‌ای و توسعه‌ی کانون‌های مستعد شهری و روستایی به‌کار رود. این پژوهش با تعیین کردن بخش‌های مناسب توسعه می‌تواند به

پیاپیاده‌سازی اهداف آمایش در بخش‌های نیازمند به توسعه، از جمله بهداشت و درمان، اجتماعی و فرهنگی، آموزش و پرورش، فناوری اطلاعات و ارتباطات (برای توسعه ارتباطات شهری و بین‌شهری)، تربیت‌بدنی و ورزش (به‌خصوص مجموعه‌های اطراف شهر و مناطق محروم) و حفاظت از محیط زیست شهری و سکونتگاهی، کمک شایانی کند.

در بخش سکونتگاهی، بسترسازی مناسب در جهت شکل‌گیری نظام سکونت و فعالیت براساس الگوی چندمرکزی با مشخص کردن بخش‌های مناسب توسعه شهری برای بهبود پیوند میان جوامع شهری و روستایی؛ کاهش اثرات بلایای طبیعی بر نواحی حاشیه‌ای؛ بهبود ساختار فضایی شهری و روستایی؛ ایجاد سیاست‌های کنترلی جلوگیری از مهاجرت؛ تثبیت مالکیت و صدور سند برای املاک روستایی؛ افزایش کیفیت کنترل و نظارت بر ساخت‌وسازها و جلوگیری از تخریب اراضی کشاورزی؛ محرومیت‌زدایی از شهرستان و توسعه سکونتگاه‌ها؛ تقویت و احیای مراکز؛ حفظ و جذب جمعیت از طریق بهبود امکانات؛ بازنگری در طرح‌های توسعه شهری با رویکرد نیازسنجی خدمات شهری با اولویت طرح‌های ساختاری راهبردی و تهیه و تدوین و یا بازنگری در مطالعات ساماندهی فضاها و سکونتگاه‌های روستایی استان به‌صورت یکپارچه در چارچوب طرح‌های ناحیه‌ای استان و ایجاد نواحی، شهرک‌ها و مناطق صنعتی در کنار سکونتگاه‌های کوچک شهرستان؛ تهیه و اجرای طرح هادی و کمک به احداث مسکن برای اقشار کم‌درآمد و آسیب‌پذیر؛ جلب مشارکت‌های مردمی و نظارت بر اجرای مقررات ساخت‌وساز در شهرستان براساس طرح‌های ناحیه‌ای، طرح‌های جامع شهری، طرح‌های هادی روستایی و سایر طرح‌های مصوب؛ انتخاب عرصه‌های امن از لحاظ سوانح طبیعی و غیرمترقبه و انتخاب مقیاس بهینه در استقرار جمعیت و فعالیت در راستای کاهش خسارات، به‌ویژه در محدوده‌های نزدیک به مرز جغرافیایی استان‌ها و تفکیک وظایف نهادهای مسئول استانی، از جمله اقدامات سودمند به‌شمار می‌روند.

جدول ۸: مساحت کلاس‌های منطقه مورد مطالعه

طبقات	مساحت (درصد) با روش ANP-DEMATEL	مساحت (درصد) با روش بولین
اراضی با توان درجه‌ی ۱	30	۲۴
اراضی با توان درجه‌ی ۲	35	۳۸
اراضی فاقد توان	35	۳۸
مجموع	100	۱۰۰

در سال‌های اخیر، توسعه‌ی شهر بروجرد بدون توجه به معیارهای مؤثر بر توسعه صورت گرفته است. بنابراین، برنامه‌ریزی صحیح برای جانمایی صحیح کاربری‌ها و استفاده از منابع موجود براساس توان بالقوه‌ی آن‌ها، یک مسئله‌ی غیرقابل چشم‌پوشی است. در این پژوهش، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌جای مدل‌های معمول تصمیم‌گیری استفاده شد؛ زیرا این روش امکان ورود هم‌زمان چند تصمیم‌گیرنده را با معیارها، اهداف و گزینه‌های گوناگون فراهم می‌کند (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵۱). همچنین، از روش DEMATEL استفاده شد که براساس این فرض بنا شده است که یک سیستم شامل مجموعه‌ای از معیارها است و مقایسه‌ی زوجی روابط میان این معیارها می‌تواند به‌وسیله‌ی معادلات ریاضی مدل شود (Tseng, 2009: 7738). برای این منظور، برای ترسیم مدل مفهومی، از ماتریس F استفاده شد. در پژوهش حاضر، برای مدل‌سازی کاربری توسعه‌ی شهری، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به‌کار رفت که در دو سطح معیار و زیرمعیار با توجه به شرایط محیطی طراحی شد. با روش ANP با هدف تجزیه و تحلیل اولیه، روابط متقابل میان معیارها و وزن‌دهی فاکتورها با توجه به ضریب تأثیرگذاریشان تلفیق شد. این مدل تلفیقی راه‌حل مؤثری را برای کمک به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان ارائه کرد و از این طریق، وزن نهایی معیارهای مؤثر در کاربری توسعه‌ی شهری مشخص شد. همان‌گونه که در جدول وزن نهایی نشان داده شده است، به‌ترتیب معیار شیب با وزن $0/447$ و ارتفاع با وزن $0/439$ بیشترین وزن‌های نهایی را در منطقه‌ی مورد مطالعه دارند. طبق نتایج به‌دست‌آمده در محدوده‌ی مورد مطالعه، مساحت اراضی با توان درجه یک 30 درصد و مساحت اراضی با توان درجه‌ی دو و فاقد توان نزدیک به هم و 35 درصد است (جدول ۸). از آنجا که تلفیق دو روش DEMATEL و ANP به‌منظور تعیین کاربری توسعه‌ی شهری برای نخستین بار در محدوده‌ی مطالعاتی صورت گرفته است، برای تعیین اعتبار این مدل، مطالعات میدانی و نظرسنجی از کارشناسان منطقه انجام شد. برای تعیین صحت مدل، 10 نقطه‌ی کنترل به‌صورت تصادفی در سطح منطقه انتخاب و کیفیت طبقات مختلف کاربری در نقاط کنترل بررسی شد. درصد دقت خروجی با روش به‌کاررفته 85 است. نتایج کنترل طبقات مدل توسعه‌ی شهری نشان‌دهنده‌ی تطابق نتایج روش به‌کاررفته با واقعیت زمینی است. تلفیق دو روش DEMATEL و ANP نشان‌دهنده‌ی کارایی این روش در مدل‌سازی کاربری است. در مجموع، ممکن است نتایج تحقیق حاضر به‌منظور تعیین چارچوبی برای طرح‌ها و برنامه‌های آتی به‌کار رود. همچنین، مسئولین مربوطه می‌توانند با کمک نتایج چنین مطالعاتی، از توان منطقه به‌شکل صحیح برای کاربری توسعه‌ی شهری در مکان‌های مشخص شده استفاده کنند.

منابع



- Amini, Abbas, Bagheri, Mohsen, Salehi, Mohammad Hassan, Hadi Nejad, Asieh, Improving Resource Management and Quality of Fuzzy Approach Land Evaluation Maps (Case Study: Farrokhsahr - Chaharmahal Bakhtiari), Journal of Geography and Environmental Planning, 24, No 52, No. 4, Winter 2013, page 204- 195.
- Amiri, Mohammad Javad, Salman Mahini, Jalali, Hosseini, Azari Dehkordi, (2009) Comparison of Systematic Integration of Maps and Boolean-Fuzzy Logic Integration in Ecological Evaluation of Forests in Watersheds of 33 and 34 North Iran, Journal of Environmental Science, Issue 2, 124 - 109
- Asgari, AS, Razani, A & Rakhshani, P, 2002, Urban Land Use Planning, Nooram Publications, Hamedan
- Atai, Mohammad, Multi-criteria Decision Making, Shahroud: Shahroud University of Technology Publications, 2010.
- Azizian, Mohammad Sadegh, Naghdi, Farideh, Melazadeh, Mehdi, Evaluation of Tabriz Marginal Ecological Capacity for Sustainable Urban Development with MCE Approach, Journal of Urban Research and Planning, Volume Four, Issue 13, Summer 2013, Page 128- 113
- Bahraini, Seyyed Hossein, Karimi, Keyvan, 2002 Environmental Program for Land Development, Tehran University Press, TehranPahizkar, Akbar, Ghaffari Gilandeh, Atta, Urban Waste Survey of Najaf Abad City, 2006
- Chang, K , iLao, S , Tseng, T , iLao, C, An ANP based TOPSIS approach for Taiwanese service apartment location selection ,Asia Paci& Management Review xxx (2015) 1-7
- Cotter, M. Berkhoff, K. Gibreel, T. Ghorbani, A. Golbon, R. Nuppenau, E-A. Sauerborn, J. Designing a sustainable land use scenario based on a combination of ecological assessments and economic optimization, 2013, Ecological Indicators, p: 9.
- ESM 103., 1981. Ecological services manual standards for the development of habitat suitability index models. Division of Ecological Services U.S. Fish and Wildlife Service, Department of the Interior Washington D.C. p.18-24.

- Feng, S., and Xu, L.D., 1999. Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development. *Fuzzy Sets and Systems*, 105, 1-12.
- Ferdowsi, S, and Ghodousi, F, 2005, *Environmental Impact Assessment - Experiences, bottlenecks and future trends*, EPA Publications
- Ghanbari, Hakimeh, Rustae, Shahrivar, 2013. Investigating the Priorities of Planning and Preparing Border Areas in East Azerbaijan Province Using Network Analysis (ANP) Model, *Journal of Land Planning*, Volume 5, Number 2, pp. 335- 360
- Hosseini, Seyyed Mohsen, Ork, Neda, Application of Hierarchical Analysis Process (AHP) in Evaluation of Land Capacity for Urban Development in Geographic Information System (GIS) Environment, *Journal of Geographical Research*, Volume 27, Number 2, Summer 2012, 105 , 18176- 18176 successive page
- Jafari, 2000. Ali Explanation Models in the Sociological Approach of Positivism, *Journal of Faculty of Literature and Humanities*, University of Isfahan, Volume II, pp. 23-22
- Javadian Kotanai, Sara, Melmasi, Saeed, Ork, Neda, Morshedi, J, Developing an Ecological Capacity Model for Urban Development Using Network Analysis Process (ANP), Case Study: Sari County, *Land Statistics Journal*, Volume 6, Issue 1 , Spring and Summer 2014, pages 178-153
- Karami, Omid, Hosseini Nasr, Seyed Mohsen, Jalilvand, Hamid, Mirioghobzadeh, Mir Hassan, Determination of Habitable Areas Using GIS and Analytical Hierarchy Process, Case Study: Babolrood Watershed, Mazandaran, *Remote Sensing Journal And GIS in Natural Resources Sciences*, Third Year, No. 2, Summer 2012
- Land Use Guidelines for Roads and Railways, 2008
- Makhdoum, M.F., 1992. Environmental Unit: An Arbitrary Ecosystem for Land evaluation. *AGEE*, 41(2), 209-214.
- Makhdoum, Majid, 1999, *The Basis of Land Preparation*, University of Tehran Publications



- Makhdom, Majid, 2005, The Basis of Land Preparation, University of Tehran Publications.
- Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*.62: 3-65.
- McPherson, E.G., Nowak, D.J., Rowntree, R.A., 1994. Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. General Technical Report NE-186, US Department of Agriculture, Forest Service.
- Mohammadi, Mahmood, Malekipour, Ehsan, Sahebgharani, Alireza, Modeling of Urban Expansion on Lands Using Automated Cells (CA) and Hierarchical Analysis Process (AHP) (Case Study: Isfahan Region 7), *Journal of Studies and Urban and Regional Research*, Fifth Year, No. 18, Autumn 2013, pp. 192-175
- Naghdi, Farideh, Hosseini, Seyed Mohsen, Sadr, Shaghayegh, Evaluation of Land Ecological Capacity Using Geographic Information Systems and Analytical Hierarchy Process (Case Study: Tabriz Suburbs), *Remote Sensing and GIS in Resources Science Natural*, Second Year, No. 1, Spring 2011.
- Nasiri, Hossein, Alavi Panah, Seyed Kazem, Metinfar, Hamid Reza, Azizi, Ali, Hamzeh, Mohammad, Implementation of Ecological Modeling of Agriculture with PROMETHEE II and AHP-Fuzzy Approach in GIS (Case Study: Marvdasht County), *Journal of Environmental Studies*, Thirty-Eight, No. 3, Fall 91, pp. 109-122
- Pour Jafar, Mohammad Reza, Montazer al-Haja, Mehdi, Ranjbar, Ehsan, Kabiri, Reza (2012). Evaluation of Ecological Capacity to Determine Suitable Areas of Development in Sahand New Town Area, *Journal of Geography and Development*, No. 28, pp. 11-22
- Pourkhbaz, Hamid Reza, Aghder, Hossein, Mohammadi, Fatemeh, Javanmardi, Saeedeh, Land suitability assessment for agricultural land use determination using DEMATEL and FAHP Chang Multivariate Decision Models (Case Study: Behbahan Margin), *Journal of Environmental Studies*, Volume 41, No. 2, Summer 2015, pp 445-429.

- Pourkhabaz, Hamid Reza, Javanmardi, Saeedeh, Yavari, Faraji Stebbar, "Application of Multi Criteria Decision Making and DEMATEL-ANP Integrated Model in Agricultural Land Suitability Analysis (Case Study: Qazvin Plain)", Quarterly Journal of Environmental Studies, S 3, pp. 151-164, 1392
- Qaed Rahmati, Heidarinejad, (2009), Physical Development of Cities and the Need to Determine Safe Urban Privacy (Case Study: Isfahan City), Geography and Environmental Studies, Volume 1, Number 1, pp 14-24
- Qarazgulu, Alireza, Alizadeh, Masoumeh, Assessment of Land Suitability for Industry Establishment Using AHP-Fuzzy Hierarchical Logic Analysis Process (Case Study: Mallard County), Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences, Third Year, Issue 4, Winter 2012
- Razavi Tousi, Leila, Mohammad Wali Samani, Jamal, 2013, Management Prioritization of Some Catchment Areas Using Network Analysis Process (ANP) Methods and New Combined Algorithm Based on Fuzzy ANP-TOPSIS, Water and Irrigation Management, Volume 3, Number 2, pp. 75-90
- Rostamzadeh, R.; Sofian, S. (2011). "Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study)". Expert Systems with Applications, 38(2011), 5166-5177
- Sante- Riveira, I., Crecente- Maseda, R., and Miranda- Barros, D., 2008. GIS-based planning support system for rural land- use allocation. Computers and Electronics in Agriculture, 63, 257-273.
- Sarai, Ansari Arjmand, Kamayizadeh, Khoshchehreh, 2016, Analysis of Sustainable Ecotourism Development Strategies in Suburban Resorts Using SWOT-ANP Combined Approach. Case Study: Kong Valley, Journal of Geographical Space Preparation, Golestan University of Science and Technology, Sixth Year, No. 27
- Serestha. R.K.. J.R.R.. Alavalapati. and R.S.. Kalmbacher. 2004. Exploring the potential for silvopasrnre adoption in South-central Florida: an application of SWOT-AHP method. Agricultural Systems. 81. pp. 185—199.



- TadiS ,c & Zeevi, S KrstiM, c, A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection , Expert Systems with Applications 41 (2014) 8112—812
- Tseng. M. L. 2009. A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. Expert Systems with Applications. 36. pp. 7738-7748.
- Wei-Wen Wu ,2008. Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL ,approach. Expert Systems with Applications. 35. pp. 828-835.
- Evaluation , ۲۰۱۸Talei, M, Safarpour, M, Javadi, Gh, of Solar Power Potential Establishment Using Decision Making Techniques, Case Study: Qazvin Province, oN The Journal of Spatial Planning ۴, pp ۱ -۲۷
- ۲۰۱۵Asadi, R, Shahabian, P, ,Evaluation of axial walking capability at the Tajrish metro station area by the method No , The Journal of: ۱pp, ۲۵۳-۲۷۸ Spatial Planning QFD & ANP
- ۲۰۱۴nabestani, A, Javani, Kh, A, Comparative analysis of multi-criteria decision-making methods in locating rural green spacesoN The ۴, pp ۱ -۳۲ , Journal of Spatial Planning