

مکان‌یابی توسعه‌ی شهری با منطق فازی و ترکیب خطی‌وزنی و تکنیک تصمیم‌گیری فرایند تحلیل شبکه‌ای مطالعه‌ی موردی: شهرستان کاشان

بهاره حاجی‌زاده وادقانی^۱

جهانبخش بالیست^۲

سعید کریمی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۰/۰۴

چکیده

از تبعات رشد جمعیت در ایران وسعت‌یافتن سطوح انواع کاربری‌های شهری و مسکونی و صنعتی می‌باشد که به ضرر اراضی کشاورزی است. فرآیند مکان‌یابی مناسب برای تخصیص زمین به کاربری‌های مناسب، تلاشی است برای ایجاد چارچوبی که طی آن بتوان برای رسیدن به راه‌حل بهینه اقدام کرد. هدف از انجام این پژوهش یافتن چهارچوبی مناسب و علمی برای شناسایی مکان‌های مناسب جهت توسعه‌ی سکونتگاه‌های انسانی است. روش‌های مورد استفاده شامل تکنیک‌های تصمیم‌گیری در ترکیب با سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های فازی بوده‌است. در این پژوهش سعی شده با شناسایی ویژگی‌های محیطی و اجتماعی و اقتصادی، مکان‌های بهینه برای توسعه‌ی شهری مشخص شود. برای ارزیابی از ۱۳ شاخص استفاده شده است که با استفاده از دو روش تلفیقی فازی و ترکیب خطی‌وزنی (WLC) و روش وزن‌دهی فرایند تحلیل شبکه فازی (FANP) نقشه‌های نهایی تناسب زمین ایجاد و دو روش مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. در روش اول (فازی‌گاما) هر کدام از لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی فازی شدند و بعد از ضرب وزن لایه‌های حاصل از FANP در هر یک از لایه‌ها عملگر گامای ۰/۹ و ۰/۵ و ۰/۱ اجرا شد. در روش دوم (WLC) لایه‌ها بر اساس ارزش‌دهی انجام شده طبقه‌بندی شدند، سپس در وزن‌های به‌دست‌آمده از FANP ضرب شدند. در نهایت دو نقشه‌ی نهایی به‌دست آمد که این نتایج نشان می‌دهند که قسمت‌های جنوبی شهرستان کاشان امکان توسعه‌ی کاربری شهری بیشتر است و دو شهر قمصر و کاشان نیز بیشتر به سمت جنوب و جنوب‌غربی گرایش داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی توسعه‌ی شهری، مدل فازی، FANP، WLC، شهرستان کاشان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران hajizadeh70@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) j.balist@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران karimis@ut.ac.ir

۱- مقدمه

شهری اثر بسیار قاطعی دارد. پدیده‌های طبیعی گاه به عنوان عوامل مثبت و گاه به عنوان عوامل منفی و بازدارنده عمل می‌کنند (قرخلو و همکاران، ۱۳۹۰، فتواتی و گودرزی، ۱۳۹۲). در کنار تمام این مطالب با پیشرفت برق‌آسای دنیای کنونی در تمام زمینه‌ها نیاز بشری نیز در حال ازدیاد است به طوری که طی صد سال اخیر شهرها درصد زیادی از جمعیت را به سمت خود جذب کرده‌اند. سازمان ملل نیز پیش‌بینی کرده‌است که تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰٪ مردم جهان در نواحی شهری زندگی خواهند کرد (Egger, ۲۰۰۵; قرخلو و حسینی، ۱۳۸۵). اصولاً شهرهای جدید به منظور پاسخ‌گویی به نیازهای سرریز جمعیت دیگر شهرها احداث می‌شوند. لذا طراحی اصولی مناطق شهری با روش‌های علمی و سیاست‌گذاری مناسب می‌تواند شتاب تخریب محیط‌زیست را به حداقل برساند (اکبرپور و همکاران، ۱۳۸۸؛ دهشور و همکاران، ۱۳۹۲). انتخاب معیارهای مناسب برای مکان‌یابی بهینه انواع فعالیت‌ها در پهنه‌های سرزمین و اندازه‌گیری آنها با هدف سامان‌دهی ساختار فضای جغرافیایی، باعث می‌شود که مقایسه و انتخاب صحیحی بین گزینه‌ها صورت گیرد (سرور، ۱۳۸۳؛ دهشور و همکاران، ۱۳۹۲). سنجش این معیارها (کمی و کیفی) روش‌هایی را می‌طلبد که نتایج مربوط به آن را تسهیل بخشد. منطق فازی راهکار جدیدی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل‌سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده می‌باشد، با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم، جایگزین می‌نماید (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵). روند توسعه شهری شبیه به یک روند فازی است که هر دو بعد فضایی و زمانی را در نظر می‌گیرد. در بعد فضایی، هیچ مرز مشخصی بین مناطق شهری ساخته‌شده وجود ندارد. در بعد زمانی، توسعه شهری یک فرآیند مداوم است که از یک روند کلی و از یک منحنی لجستیک پیروی می‌کند (liu and phinn, 2003; Herbert and Thomas, 1997; Jakobson and Prakash, 1971) نتیجه می‌توان گفت که منطق فازی به عنوان یک نرم‌افزار

توجه به توسعه‌ی فیزیکی شهری پایدار در برنامه‌های توسعه‌ی شهری نشان دهنده‌ی اهمیت این موضوع در تقویت جبهه‌های فرهنگی و اجتماعی و کالبدی شهر است. یکی از مسائل توسعه در همه‌ی شهرها، رشد شهرنشینی و به تبع آن گستردگی شاخک‌های خزنده‌ی شهری بر اراضی پیراشهری می‌باشد که پیامدهایی چون حاشیه‌نشینی، نابودی اراضی کشاورزی، افزایش جمعیت شهرها، عدم امکان پاسخگویی برخی خدمات و کاربری‌ها در شهر، گسستگی بافت‌های فیزیکی، مشکلات زیست محیطی، خصوصاً آلودگی و نابسامانی سیمای شهری داشته‌است (حسین زاده دلیر و موشیار، ۱۳۸۵). جغرافیای شهری با بررسی مسایل مهم شهرهای جهان سوم، عدالت اجتماعی، کیفیت دسترسی مردم شهرها به نیازهای اساسی، حوزه‌های اجتماعی و غیره (شکومی، ۱۳۷۳) ضمن ارزیابی و تحلیل فضایی و اکولوژیکی مشخصه‌های پایداری در مناطق و حوزه‌های شهری سعی دارد محیط زیست شهری مناسبی برای ساکنان شهرها فراهم آورد. از این رو بحث مکان‌یابی یا مکان استقرار شهرها برای توسعه آنها از اهمیت زیادی برخوردار است (merlin, ۲۰۰۰; ابراهیم زاده و رفیعی، ۱۳۸۸). حتی علاوه بر این موضوع برنامه‌ریزان کشورهای در حال توسعه عمیقاً به این مطلب پی برده‌اند که مکان‌یابی خدمات و تسهیلات زیرساختی نیز نقش بسیار مهمی در بهبود توسعه‌ی نواحی شهری و روستایی این کشورها داشته است و به این امر تأکید دارند که بهبود دسترسی جوامع شهری و روستایی به خدمات اساسی ابزاری مهم در شتاب بخشیدن به توسعه‌ی منطقه‌ای به شمار می‌روند و این نکته را پذیرفته‌اند که مکان‌یابی خدمات علاوه بر تأثیرگذاری در هزینه‌ها در کارایی و بهره‌برداری و بر کیفیت آنها نیز مؤثر هستند (Viond k. tewari, ۱۹۹۲; رکن‌الدین افتخاری و ایزدی، ۱۳۸۰). استقرار و پیدایش یک شهر بیش از هر چیزی تابع شرایط و موقعیت جغرافیایی می‌باشد زیرا عوارض و پدیده‌های طبیعی در مکان‌گزینی، حوزه‌ی نفوذ، توسعه‌ی فیزیکی و مورفولوژیک

ارزیابی ساختارهای کاربری زمین شهری با چشم‌اندازی به توسعه‌ی پایدار اشاره کرد. سادھیرا و همکاران (۲۰۰۴) پویایی و مدل‌سازی گسترش شهری را با کمک GIS در شهر منگلور هند بررسی نمودند و نوع گسترش آینده‌ی شهر را پیش‌بینی نمودند. ونکاتا سوبایها (۲۰۰۷) مقاله‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل مکان‌ها برای توسعه‌ی شهری با استفاده از GIS را به سرانجام رساندند چانگ (۲۰۰۸) با استفاده از ترکیب GIS و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی زمین‌های مستعد را جهت استقرار جنگل شهری در هارلینگن شناسایی کرده‌است.

اهمیت و ضرورت این تحقیق در کمبود روش‌ها مدل‌های مناسب جهت مکان‌یابی سکونت‌گاه‌های انسانی است. در تصمیم‌گیری برای توسعه‌ی سکونت‌گاه‌های انسانی باید به تمام معیارها و پارامترهای مورد نیاز و دخیل به صورت ساختاریافته در قالب مدل‌های به‌روز توجه نمود. هدف تحقیق توسعه‌ی مدلی مناسب جهت تعیین مکان‌های مناسب برای توسعه‌ی سکونت‌گاه‌های انسانی است. در این تحقیق سعی شده است که به سؤال زیر پاسخ داده شود. آیا شهرستان کاشان توان توسعه شهری دارد و اگر دارد این توان در چه مناطقی و توزیع آن به چه صورت است؟ در ایران نیز در این زمینه تحقیقاتی صورت گرفته‌است، نگارش (۱۳۸۲) در مقاله‌ای با عنوان کاربرد ژئومرفولوژی در مکان‌گزینی شهرها به بررسی پدیده‌های مؤثر بر شکل‌گیری شهرها پرداخته‌است. قرخلو (۱۳۸۸) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی توان اکولوژیک منطقه‌ی قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه‌ی توسعه‌ی شهری با استفاده از GIS مناطق مناسب برای توسعه‌ی شهری را مشخص کرده است. میرکتولی (۱۳۹۰) در مقاله‌ای به ارزیابی توان اکولوژیک کاربری توسعه‌ی شهری در شهرستان ساری با مدل تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS مناطق مناسب و نامناسب توسعه‌ی شهری را مشخص کرده‌است. پورجعفر (۱۳۹۱) به ارزیابی توان اکولوژیکی به منظور تعیین عرصه‌های مناسب برای توسعه شهر جدید سهند پرداخت و در نهایت

قابل توجه برای نمایش اطلاعات از یک کارشناس در یک برنامه‌ی کامپیوتری است که با راه‌حل‌های دقیق به مشکلات پایان می‌دهد (sumoel & ogunniyi, 2012; omisore and ojokoh, 2013). یا می‌توان گفت علمی است که امکان و اجازه شبیه‌سازی پویایی یک سیستم را بدون نیاز به توصیفات ریاضی مفصل و با استفاده از داده‌های کمی و کیفی به دست می‌آورد (حسینی و همکاران ۱۳۸۵). داده‌ها همه باید براساس ارزش و اهمیت‌شان وزن‌دهی شوند. بر این اساس از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود از جمله AHP, ANP, TOPSIS و... که در این مقاله از روش FUZZY ANP استفاده می‌شود. ANP تعمیمی است از فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP به این صورت که دارای ساختار شبکه‌ای می‌باشد و قادر است بین عناصر موجود در سطوح مختلف تصمیم‌گیری با به دست آوردن وزن کامپوزیت از طریق توسعه‌ی ابرماتریس ارتباط برقرار کند. که در آخر توسط این وزن‌های نسبی می‌توان معیارها را براساس اهمیت‌شان اولویت‌بندی کرد (Erol and DANESHVAR, L.Saaty, 2010). فرآیند تحلیل شبکه‌ی نه تنها یک روش برای به دست آوردن وزن نسبی ویژگی‌ها می‌باشد بلکه ابزاری قانع‌کننده در تصمیم‌گیری نیز به حساب می‌آید. (Lin, 2009; Hao, Kuei, 2012). از انواع تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان WLC^۱ را نام برد که از رایج‌ترین تکنیک‌ها به حساب می‌آید (lei, zhu; jing-feng, huang; 2007). روش WLC که یک ترکیب خطی وزنی است در یک محیط GIS به منظور بررسی مناسب بودن منطقه مورد مطالعه برای توسعه‌ی شهری استفاده می‌شود (mahini and gholamalifard, 2006). در واقع روش WLC ترکیبی از روش کمی و کیفی است (Ayalew, Lulseged; Yamagish, Hiromitsu; Ugawa, Norimitsu; 2004). که معیارهای اندازه‌گیری شده و وزن‌های داده‌شده توسط روش FANP به هر کدام از آنها را با هم ضرب می‌کند (Ayalew, Lulseged; Yamagish, . Hiromitsu; Ugawa, Norimitsu; 2004). در این زمینه تحقیقات زیادی انجام گرفته از آن جمله می‌توان به مطالعه‌ی سین و همکاران (۲۰۰۲) با هدف

قریه‌های کوهستانی از چشمه و قنات و آب قریه‌های جلگه آن از قنات است و آب اطراف کویر کمی شور می‌باشد. سالانه ۱۴۵/۶ میلی‌متر بارندگی در کاشان وجود دارد که باعث شده حدکثر رطوبت سالیانه ۱۰۰٪ و حداقل رطوبت ۵٪ شود. کاشان از لحاظ قرار گرفتن در مسیر راه‌های اصلی و ترانزیت شمال و جنوب کشور و عبور راه‌آهن سراسری کشور از این شهرستان یکی از مراکز مهم مبادلات اقتصادی و تجاری محسوب می‌شود. در حال حاضر کاشان از طریق بزرگراه امیرکبیر از شمال به قم و تهران و از جنوب به اصفهان متصل است. همچنین این شهرستان دارای یک فرودگاه قابل استفاده برای هواپیماهای نظامی و هواپیماهای کوچک مسافربری است و در صورت تکمیل و تجهیز کامل آن قادر به ارائه خدمات پروازی در سطح وسیع‌تر به مناطق همجوار نیز خواهد بود (نگاره ۱).

۲-۲- روش‌ها

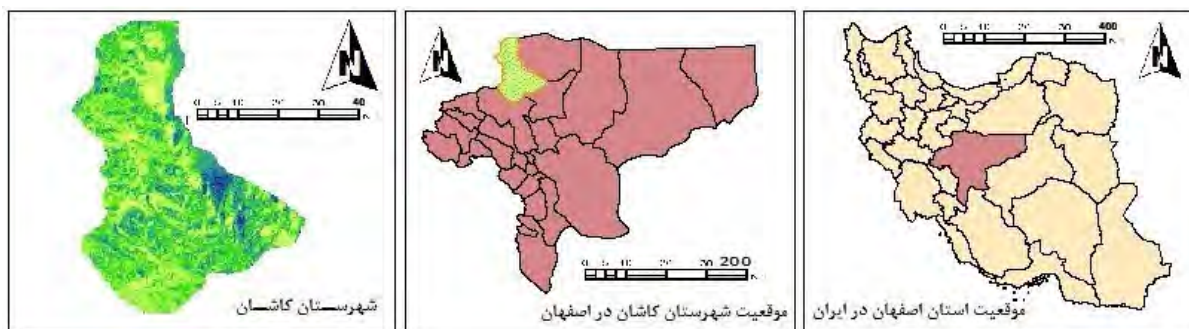
در این پژوهش از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای و گزارش‌های موجود شامل مطالعات قبلی انجام شده در منطقه، مطالعات و طرح‌هایی که توسط معاونت برنامه‌ریزی استانداری، منابع طبیعی شهرستان، آبخیزداری استان اصفهان انجام گرفته، استفاده شده است. هم‌چنین با مراجعه به سایت‌های اینترنتی اطلاعات مورد نظر جمع‌آوری شده است. به منظور بررسی و ارزیابی مکان‌یابی مناسب برای کاربری توسعه‌ی شهری با گزینش از چندین مأخذ و منبع

محدوده‌های مناسب برای توسعه‌ی شهر پیشنهاد شد. هدف از این مقاله مکان‌یابی مناسب برای توسعه‌ی شهری در شهرستان کاشان با منطق فازی و روش WLC و با استفاده از تکنیک وزن‌دهی FUZZY ANP می‌باشد.

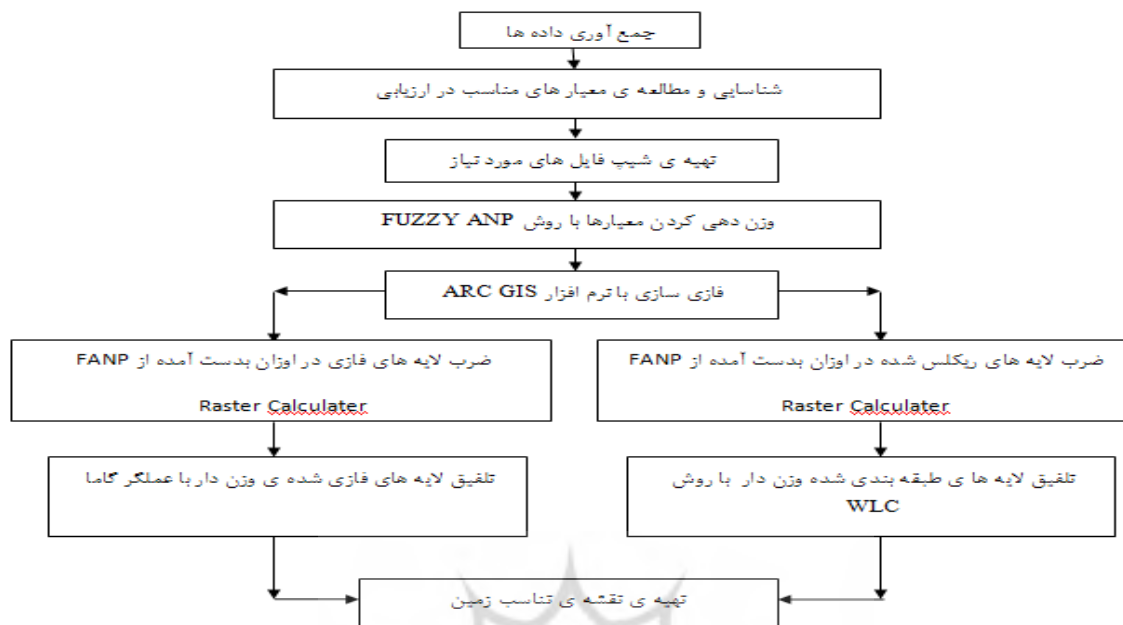
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده‌ی مورد مطالعه

شهرستان کاشان با وسعت ۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع و جمعیت ۵۰۰۰۰۰ نفر می‌باشد. کاشان با مساحت ۲۱۰۰ هکتار در ناحیه مرکزی ایران قرار گرفته است که از یک سو پشت به کوهستان و از سوی دیگر روی به دشت کویر دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۹۴۵ متر بوده و دارای مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه‌ی عرض شمالی می‌باشد. کاشان دارای چهار بخش (مرکزی، قمصر، نیاسر و شش شهر (کاشان، قمصر، نیاسر، جوشقان قالی، کامو و چوگان و برزک) می‌باشد. کاشان از لحاظ اقلیم دارای دو نوع آب هوای کویری و کوهستانی است. مناطق شمال و شرق شهرستان شامل دشت‌های هموار و گسترده‌ی دارای آب و هوای کویری گرم و خشک و مناطق جنوب و غرب آن شامل مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای دارای آب و هوای معتدل کوهستانی و بیلاقی هستند. درجه حرارت هوا در تابستان در مناطق کویری تا ۴۵ درجه بالای صفر می‌رسد و میزان بارندگی سالانه در مناطق معتدل و کوهستانی شهرستان به طور متوسط ۱۳۷ میلی‌متر است. آب



نگاره ۱: نقشه‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه



نگاره ۲: فرآیند پژوهش جهت مکان‌یابی توسعه‌ی شهری شهرستان کاشان

در ANP مقایسه‌ی زوجی عاقلانه بین عناصر در هر خوشه با توجه به اهمیت نسبی آنها نسبت به معیار کنترل انجام می‌گیرد (Tadic, Snežana; Zec'evic, Slobodan; Krstic, Mladen; 2014). این عملیات در نرم‌افزار آنلاین FANP انجام شده است. به منظور دستیابی به هدف تحقیق پرسشنامه‌های مقایسات زوجی طراحی و بین خبرگان توزیع شد. با توجه به رویکرد فازی در این پژوهش، از عبارات کلامی و اعداد فازی مندرج در جدول (۱) استفاده گردید.

جدول (۱): طیف فازی و عبارت کلامی متناظر

کد	عبارات کلامی	عدد فازی
۱	ارجحیت یا اهمیت برابر	(۱،۱،۱)
۲	ارجحیت یا اهمیت کم	(۲،۳،۴)
۳	ارجحیت یا اهمیت قوی	(۴،۵،۶)
۴	ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی	(۶،۷،۸)
۵	ارجحیت یا اهمیت کاملاً قوی	(۸،۹،۱۰)

داخلی و خارجی حدود ۱۳ فاکتور مرتبط شناسایی و در یک قالب بندی جدید جمع‌آوری شدند. قابل ذکر است که معیارهای محیط‌زیستی مانند مناطق حفاظت شده در شهرستان کاشان وجود نداشت در نتیجه در معیارهای این پروژه به آن اشاره‌ای نشده است. الگوی کلی روند تحقیق در نگاره دو نشان داده شده است.

۲-۲-۱- وزن‌دهی معیارها

با توجه به این که در دنیای واقعی معیارها معمولاً وابسته به هم می‌باشند استفاده از رهیافت‌های سنتی در این زمینه زیاد قابل استفاده نمی‌باشد. (تبریزی و باقرزاده، ۱۳۸۱؛ قدسی پور، ۱۳۸۹؛ عشورنژاد و همکاران، ۱۳۹۲) از اینرو برای تعیین اهمیت شاخص‌های مورد نیاز جهت ارزیابی تناسب زمین ابتدا اهمیت نسبی هر کدام از معیارها با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی ANP فازی تعیین می‌شود. فرآیند تحلیل شبکه‌ی فازی از تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و ماتریس تأثیرات وابستگی متقابل بین معیارها به دست می‌آید.

۲-۱-۱-۲-۱- مراحل به دست آوردن وزن مؤلفه‌ها با تحلیل شبکه‌ای فازی

بر اساس سوپر ماتریس، مراحل محاسبه وزن مؤلفه‌ها عبارتند از:
 مرحله اول - جهت تجمیع نظرات خبرگان، از مقایسات زوجی پاسخ‌دهندگان میانگین هندسی گرفته می‌شود.
 مرحله دوم - محاسبه بردار ویژه: برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، طبق رابطه ۱ از روش لگاریتمی حداقل مجذورات، استفاده می‌شود.
 رابطه ۱:

$$w_k^s = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{jk}^s \right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}^m \right)^{1/n}}, \quad s \in \{l, m, u\}$$

به طوری که

$$\tilde{w}_k = (w_k^l, w_k^m, w_k^u) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

مرحله سوم - تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه ($W_{\tilde{w}}$): این ماتریس‌ها شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که از مقایسات زوجی مرحله دوم به دست آمده‌اند.

مرحله چهارم - محاسبه اوزان نهایی سطوح: برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح (W_i^*) می‌بایست حاصلضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم.
 رابطه ۲:

$$W_i^* = W_i \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

در صورتیکه برای یک سطح ماتریس $W_{\tilde{w}}$ وجود نداشت، لازم است یک ماتریس یکه هم درجه جایگزین آن گردد. به عبارت دیگر می‌بایست از فرمول زیر استفاده نمایید.

رابطه ۳:

$$W_i^* = I \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

۲-۲-۲- استاندارد کردن لایه‌ها با منطق فازی

تئوری فازی شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه‌های فازی یا توابع عضویت استفاده می‌کند و هدف از آن ایجاد روشی نوین در بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره است. منطق فازی به دلیل در نظر گرفتن

محدوده‌ای از امکان‌ها به جای اعداد، علاوه بر مزایای روش آماری به دلیل قابلیت فرموله‌نمودن دانش بشری در قالب ریاضی، ابزاری سودمند در ارزیابی محیطی به شمار می‌آید (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۲). تمام لایه‌ها (شیپ فایل‌ها) توسط نرم افزار ARC GIS فازی شده و در طیف عددی صفر تا یک قرار گرفتند. در منطق فازی هر منطقه با توجه به مقداری که معیار مورد نظر (X) را رعایت می‌کند مقدار عضویتی می‌گیرد (μ_X) که بیان‌کننده‌ی میزان مطلوبیت آن ناحیه می‌باشد. به این معنی که هر ناحیه با مقدار عضویت بالاتر، از مطلوبیت بالاتری برخوردار است (متکان و همکاران، ۱۳۸۷). این تابع عضویت برای هر عدد X به صورت مثلثی هستند و از رابطه‌ی زیر تعریف می‌شوند.

$$U_A^{\sim}(X) = \begin{cases} \frac{x-1}{m-1}, & l \leq x \leq m, l \neq m \\ \frac{x-r}{m-r}, & m \leq x \leq r, m \neq r \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

رابطه‌ی (۴):

که در آن (l,m,r) نشان‌دهنده‌ی یک عدد فازی مثلثی است.

روی هم‌گذاری لایه‌های استاندارد شده‌ی وزن‌دار:

ترکیب خطی وزنی (WLC)

برای تلفیق معیارها از ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی یاد شده استفاده گردید. روش ترکیب خطی وزن‌دار که به آن روش امتیازدهی نیز اطلاق می‌شود از پرکاربردترین روش‌ها در تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه است. این روش بر پایه‌ی مفهوم میانگین وزنی استوار می‌باشد که در آن تصمیم‌گیرنده به طور مستقیم وزن‌هایی را که نشان‌دهنده‌ی اهمیت نسبی مشخصه‌ها است به هر یک از آنها تخصیص می‌دهد. امتیاز نهایی نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت است. روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) بر مبنای GIS مشتمل بر مراحل زیر می‌باشد:

a: تعریف مجموعه معیارهای ارزیابی و گزینه‌ها

b: استاندارد نمودن هر لایه نقشه معیار

c: تعریف وزن‌های مربوط به هر معیار: به این معنی که به

$$s = \sum w_i x_i$$

رابطه‌ی (۵):

در این رابطه s مطلوبیت عرصه

Wi وزن مشخصه

I و xi ارزش بی‌مقیاس شده مشخصه i است.

هر نقشه‌ی معیار مستقیماً یک وزن اهمیت نسبی اختصاص داده شود.

d: ساختن لایه‌های نقشه‌ی استاندارد شده دارای وزن: به این معنی که لایه‌های نقشه استاندارد شده را در وزن‌های مربوطه ضرب نماییم.

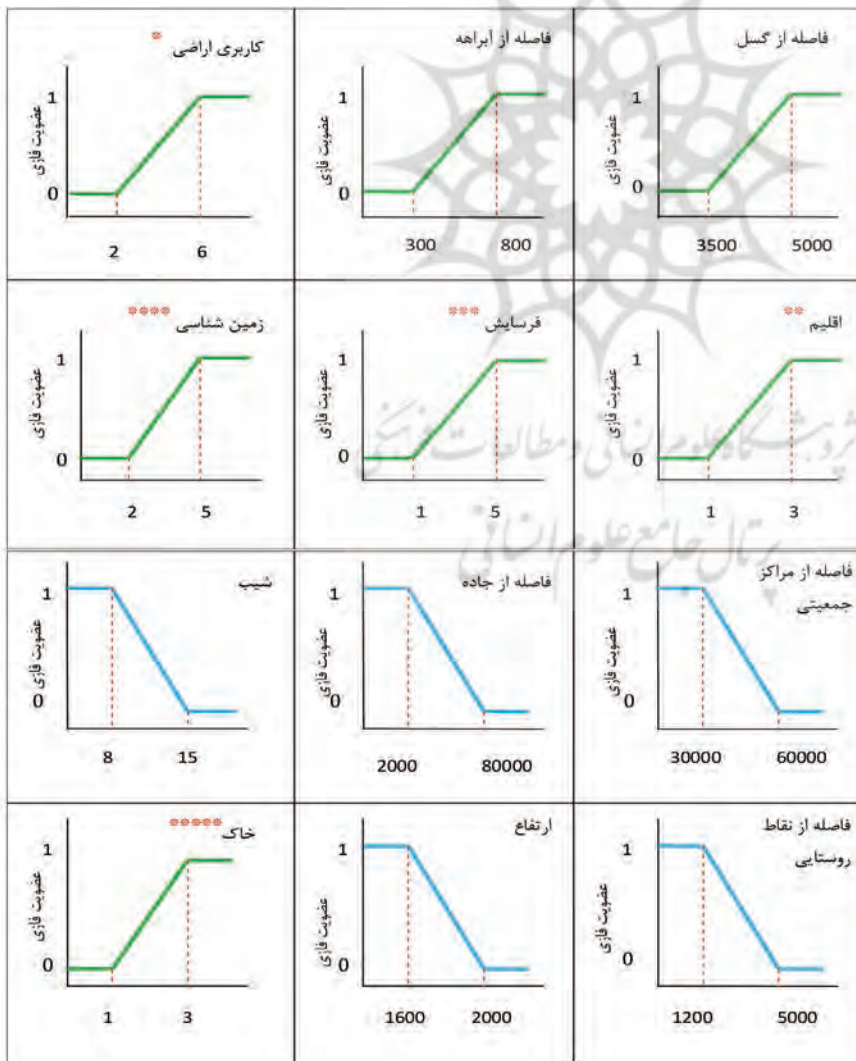
۲-۲-۳- عملگر گاما

عملگر فازی که در این پژوهش برای تلفیق نقشه‌ها استفاده شده است عملگر گاما می‌باشد. پس عملگر گاما روی لایه‌ها انجام گرفته و هم‌پوشانی لایه‌ها صورت می‌گیرد، در نهایت نقشه‌های نهایی تناسب زمین برای کاربری توسعه شهر به دست می‌آید.

e: دادن امتیاز نهایی به هر گزینه به کمک عملیات روی هم‌گذاری «گاما» برای لایه‌های وزن‌دار نقشه‌ای که استاندارد شده است.

f: مرتب کردن گزینه‌ها براساس امتیاز (گزینه‌ی دارای بیشترین امتیاز بهترین گزینه می‌باشد).

مطلوبیت‌ها براساس فرمول زیر از مجموع حاصل ضرب وزن عامل‌ها در ارزش بی‌مقیاس شده‌ی آن به دست می‌آید.



نگاره ۳: توابع فازی‌سازی معیارها

۳-۱- تعیین ضرایب اهمیت شاخص‌ها با استفاده از تکنیک وزن‌دهی فرایند تحلیل شبکه فازی

برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها در نرم افزار FUZZY ANP، در ابتدا هدف از پژوهش که مکان‌یابی مناسب برای توسعه‌ی شهری است در بالاترین سطح نمودار تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد و در سطح بعدی معیارها که شامل (محیطی، اجتماعی - اقتصادی و فیزیکی) می‌باشند و در آخرین سطح زیر معیارها که همان ۱۳ مورد نام برده در ابتدای مقاله است قرار می‌گیرد و طبق نظر کارشناسان با توجه به شناخت از منطقه‌ی مورد مطالعه وزن‌دهی به هر کدام از زیر معیارها انجام می‌گیرد.

بعد از وزن‌دهی و انجام محاسبات در نرم‌افزار وزن‌های نهایی به دست می‌آید که در کاربری توسعه‌ی شهری بیشترین وزن به شاخص شیب و کمترین وزن به شاخص جهت شیب تعلق گرفته است (جدول ۲).

جدول (۲): وزن‌های معیارها

وزن‌ها	معیارها
۰/۱۳۶	شیب
۰/۱۳۱	زمین شناسی
۰/۱۲۱	کاربری اراضی
۰/۱۱۸	فاصله از شهر
۰/۱۰۸	فاصله از روستا
۰/۰۹۸	فاصله از جاده
۰/۰۷۷	ارتفاع
۰/۰۵۷	خاک
۰/۰۴۶	فرسایش
۰/۰۳۶	فاصله گسل
۰/۰۳۱	فاصله از آبراهه
۰/۰۲۳	اقلیم
۰/۰۱۸	جهت شیب

برای تعدیل حساسیت خیلی بالا از عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم از عملگر فازی جمع استفاده می‌شود، عملگر گاما حد فاصل ضرب و جمع جبری فازی می‌باشد. اگر γ برابر با یک باشد خروجی نقشه همان fuzzy sum خواهد بود و اگر γ برابر با صفر باشد نقشه‌ی خروجی همان نقشه‌ی fuzzy product خواهد بود.

$$\mu = (\text{fuzzy algebraic sum} * \text{fuzzy algebraic product})^{1-\gamma}$$

که در آن μ لایه‌ی حاصل از گامای فازی و γ پارامتر انتخاب شده در محدوده‌ی (۰ و ۱) است.

۳- یافته‌های تحقیق

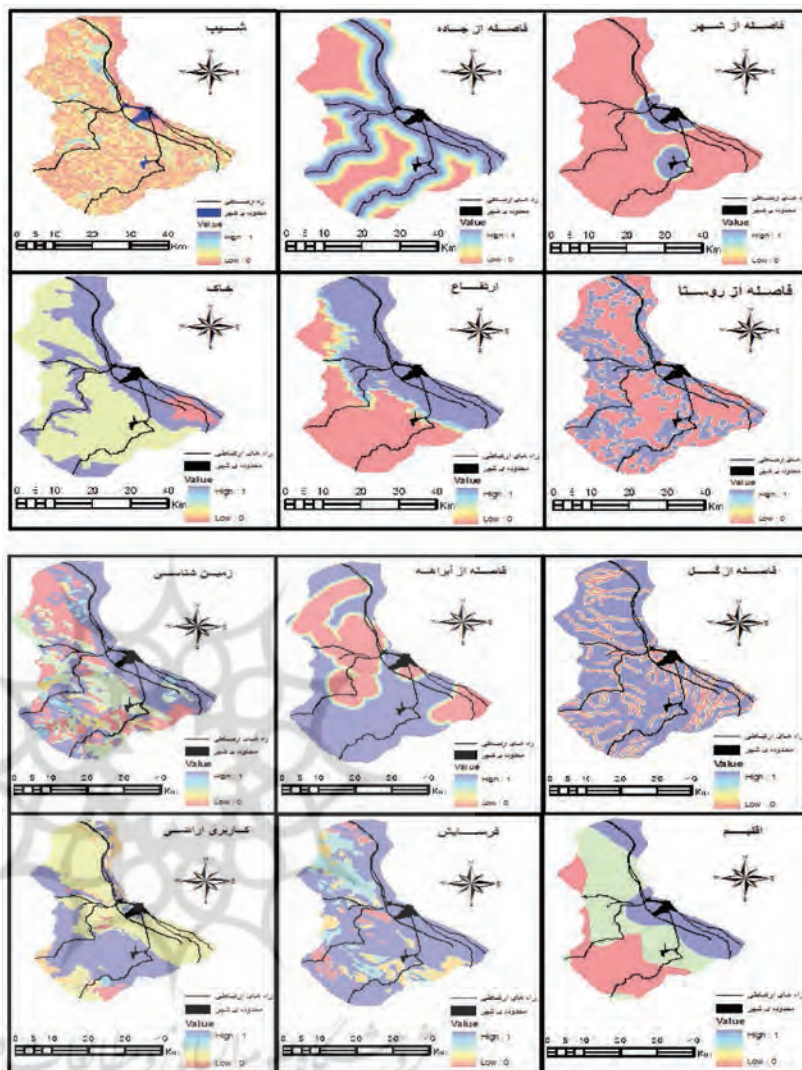
برای ارزیابی زمین‌های مناسب برای توسعه‌ی شهری بر اساس مدل‌های تلفیقی Fuzzy و WLC باید ابتدا هر کدام از لایه‌ها را فازی کرد. برای فازی‌سازی، لایه‌ها باید به صورت فرمت رستری باشند.

بنابراین لایه‌های نقطه‌ای و خطی مثل (راه‌های اصلی، آبراهه‌ها، فاصله از گسل، نقاط شهری و روستایی) با استفاده از تحلیل Distance و برای لایه‌های پلی‌گونی مثل (کاربری اراضی، فرسایش و...) در جدول خصوصیات توصیفی‌شان فیلد ارزش ساخته و بر اساس مناسب بودنشان برای کاربری توسعه‌ی شهری طبق نظر کارشناسی کدگذاری شده است و با دادن کدهای یک به بالا و با تحلیل feature to raster به لایه‌های رستری تبدیل می‌شود.

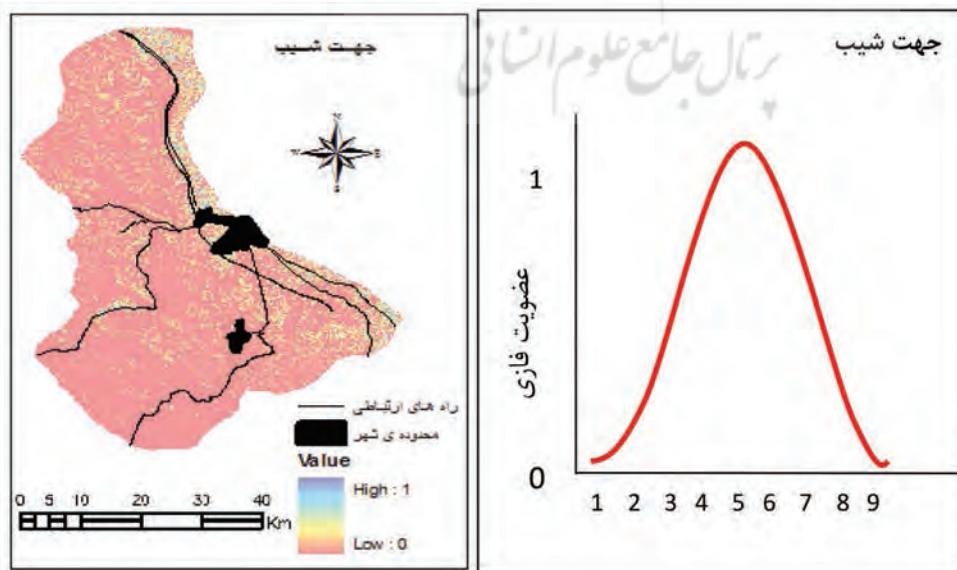
بعد از رستری کردن لایه‌ها با استفاده از توابع نگاره ۳ در محیط ARC GIS 9.3 با تحلیل :
 Arc toolbox → Spatial Analyst tools → Fuzzy logic → Fuzzy membership

هر کدام از لایه‌ها فازی شدند.

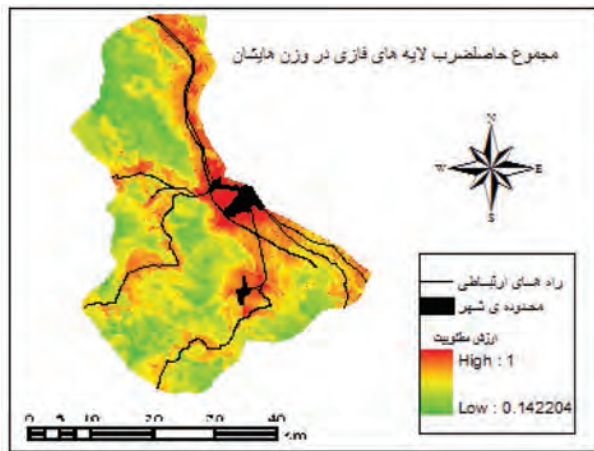
در نگاره ۳ برخی توابع مورد استفاده برای فازی‌سازی لایه‌ها ارائه شده‌اند.



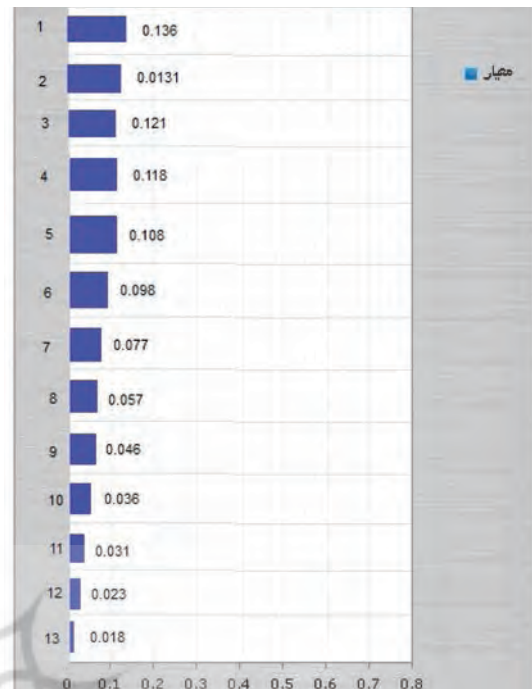
نگاره ۴: نقشه‌های حاصل از فازی‌سازی



نگاره ۵: تابع ولایه‌ی فازی شده‌ی جهت شیب



نگاره ۷: مجموع لایه‌های استاندارد شده‌ی وزن‌دار

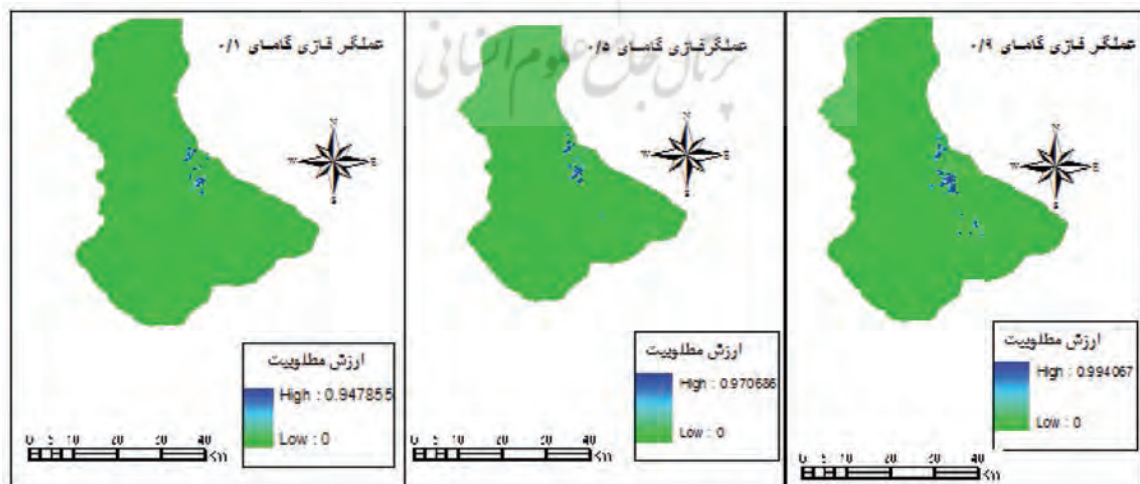


بعد از فازی‌سازی و ضرب وزن‌ها در لایه‌های فازی شده عملگر GAMA با سه دامنه‌ی گسترش (۰/۱، ۰/۵، ۰/۹) بر لایه‌های فازی شده اجرا می‌شود که در نگاره ۷ نشان داده شده است.

عملگر فازی گامای ۰/۹ بیشترین انطباق را بین محدوده‌های شهری شهرستان کاشان با زمین‌های مناسب جهت توسعه‌ی شهری نشان می‌دهد. از این رو گامای ۰/۹ به عنوان لایه‌ی نهایی تناسب زمین برای کاربری شهری معرفی می‌گردد. دومین روش هم‌پوشانی که استفاده شد ترکیب خطی

نگاره ۶: وزن معیارها (خروجی نرم افزار FANP)
 بعد از وزن‌دهی معیارها در نرم افزار FANP وزن هر کدام از معیارها در ARC GIS توسط تحلیل‌گر RASTER CALCULATOR در لایه‌ی مربوطه ضرب شد.

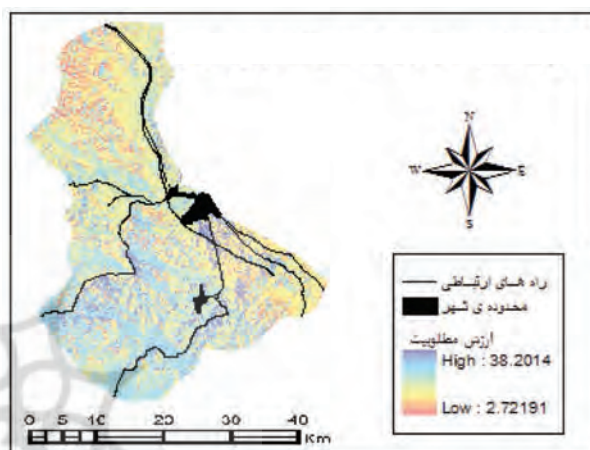
$$f(x) = w_i \mu(x_i)$$
 رابطه‌ی (۷):
 که در آن $f(x)$ لایه‌ی وزن‌دار فازی w_i وزن هر یک از معیارهای ANP و $\mu(x_i)$ تابع فازی هر کدام از لایه‌ها می‌باشد.



نگاره ۸: نقشه‌ی تناسب زمین برای کاربری توسعه‌ی شهری با عملگرهای گامای ۰/۱ و ۰/۵ و ۰/۹

قابل تفکیک‌تر از عمل جمع است. چون بر اساس منطق ریاضیات دامنه ضرب بیشتر از جمع می‌باشد. مزیت استفاده از این عملگرهای مختلف و روش ترکیب خطی وزنی در ترکیب با تکنیک‌های تصمیم‌گیری این است که می‌توان سخت‌گیری با درجات مختلف را اعمال نمود. بدین صورت که زمانی که منابع لازم برای استقرار یک شهر کم باشد یا شرایط بهینه‌ای مهیا نباشد، می‌توان از عملگرهای سخت‌گیر که مناطق خیلی بهینه را انتخاب می‌کنند، بکار گرفت و یا به منظور تولید سناریوهای مختلف در یک فرایند برنامه‌ریزی از آنها کمک گرفت. روش ترکیب خطی وزنی برهم‌کنش نتایج را در نظر نمی‌گیرد و فقط ارزش سلول‌ها را ترکیب می‌کند. اما با عملگرها این مهم اتفاق می‌افتد و این ویژگی باز به ایجاد گزینه‌ها و آلترناتیوهای بیشتری در فرایند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی کمک می‌کند. در روش تلفیقی گاما ۰/۹ سخت‌گیری بیشتر از روش WLC می‌باشد و مقدار مساحت کمتری را برای توسعه‌ی شهر مناسب معرفی می‌کند. یکی از مزیت‌های روش WLC نسبت به گاما سرعت و دقت آن است و این که جزئیات بیشتری را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌ی نهایی به دست آمده از روش WLC در قسمت جنوب غربی شهرستان کاشان امکان توسعه‌ی کاربری شهری بیشتر می‌باشد. همچنین بر اساس روش گاما می‌توان فهمید که در این پروژه از روش وزن‌دهی FANP استفاده شد که بسیار دقیق‌تر از AHP می‌باشد. چون بین تمام اعضاء به صورت شبکه‌ای ارتباط برقرار می‌کند و پس از مقایسات زوجی وزن نهایی را ارائه می‌دهد، در صورتی که در روش AHP معیارها به صورت سلسله مراتب و یک طرفه مرتبط شده و با هم مقایسه می‌شوند. در روش فازی نتایج بدین صورت است که محل کنونی شهر کاشان و مناطق جنوب آن دارای توان مناسبی هستند. نتایج روش ترکیب خطی وزنی نیز مشابه روش ترکیب فازی محل کنونی شهر کاشان و مناطق جنوبی آن و نیز جنوب غربی دارای توان مناسبی هستند. حدود ۱۵ درصد از مساحت شهرستان کاشان برای توسعه‌ی شهری

وزنی WLC می‌باشد. در این قسمت تمام لایه‌های رستری به جای فازی شدن طبقه‌بندی شد و ارزش طبقات آنها مشخص شد. سپس در RASTER CALCULATOR لایه‌های طبقه‌بندی شده با وزن‌های حاصل از FANP ضرب شد و در آخر کل لایه‌ها روی هم گذاری شد که در نگاره ۸ نشان داده شده است.



نگاره ۹: روی هم‌گذاری لایه‌ها به روش WLC

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق شناسایی ویژگی‌های محیطی شهرستان کاشان با تأکید بر پارامترهای طبیعی و اقتصادی و اجتماعی جهت مکان‌یابی مناسب برای توسعه‌ی شهری با استفاده از ۲ روش تلفیقی (گاما ۰/۹ و WLC) و استفاده از تکنیک وزن‌دهی FUZZY ANP انجام گرفته است. عملکرد عملگر گاما در سطوح مختلف متفاوت است. این عملگر در سطوح پایین مانند عملگر پروداکت عمل می‌کند و در سطوح بالا مانند عملگر سام. براساس نتایج این مطالعه و مطالعات پیشین نتیجه بهینه زمانی است که از عملگر گامای ۰/۵ استفاده می‌شود. در این حالت عملکرد آن ترکیبی از دو عملگر سام و پروداکت خواهد بود. در روش ترکیب خطی وزنی عملکرد بدین گونه است که ارزش سلول‌های متناظر در هر لایه بر اساس عمل ریاضی ضرب یا جمع یا با هم تلفیق می‌شوند که در عمل ضرب تفاوت‌ها

۲. اکبرپور، منوری، خراسانی؛ داریوش، مسعود، نعمت‌الله (۱۳۸۸)، بررسی امکان توسعه شهری در شرق استان بوشهر و تعیین معیارهای لازم براساس ملاحظات زیست محیطی با استفاده از GIS، ماهنامه راه و ساختمان، شماره ۶۰، ص ۶۷-۵۶.

۳. پوراحمد، حاتمی‌نژاد، حسینی؛ احمد، حسین، سید حسین، (۱۳۸۵). آسیب‌شناسی طرح‌های توسعه‌ی شهری در کشور. پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۵۸، ص ۱۶۷-۱۸۰.

۴. پورجعفر، منتظرالحجه، رنجبر، کبیری؛ محمدرضا، مهدی، احسان (۱۹۹۱). ارزیابی توان اکولوژیکی به منظور تعیین عرصه‌های مناسب توسعه در محدوده شهر جدید سهند، جغرافیا و توسعه، دوره ۱۰، شماره ۲۸، ص ۱۱-۲۲.

۵. حسین‌زاده دلیر، هوشیار؛ کریم، حسن (۱۳۸۵)، دیدگاه‌ها، عوامل و عناصر مؤثر در توسعه فیزیکی شهرهای ایران، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ششم، دهشور، دانه‌کار، آل شیخ، احمدیان؛ طهورا، افشین، علی‌اصغر، رضا (۱۳۹۲). شناسایی و مکانیابی فضای مناسب شهری با تأکید بر معیارهای زیست‌محیطی. فصل‌نامه‌ی علمی- پژوهشی آمایش سرزمین، ص ۱۵۵-۱۷۹.

۷. رکن‌الدین افتخاری، ایزدی خرامه؛ عبدالرضا، حسن (۱۳۸۰). تحلیلی بر رویکردهای مکان‌یابی و توزیع خدمات در مناطق روستایی: بررسی تطبیقی رویکردهای شهری در توسعه‌ی روستایی (UFRD) و مدل‌های تخصیص مکانی (LA). تحقیقات جغرافیایی.

۸. سرور، رحیم (۱۳۸۳)، استفاده از روش ای.اچ. پی در مکان‌یابی جغرافیایی (مطالعه موردی مکانیابی جهت توسعه آبی شهر میاندوآب)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۹، ص ۳۸-۱۹.

۹. شکوئی، حسین. دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری. تهران: سمت، ۱۳۷۳.

۱۰. عابدی، خیرخواه، اوجاقی، محمدی‌آشنایی، اوجاقی؛ توحید، مسعود، مهدی، محمدحسین، محمود (۱۳۹۰).

دارای توان مناسب می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده مدل مذکور که شامل دو روش و بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری بوده، می‌تواند به عنوان مدل مناسبی برای بررسی توان سایر مناطق مشابه (مناطق مرکزی ایران) به کار گرفته شود. توسعه‌ی شهرهای کاشان و قمصر بیشتر به سمت جنوب و جنوب غرب گرایش دارند.

۵- پیشنهادات

● مسئولین و برنامه‌ریزان برای توسعه‌ی شهری شهرستان کاشان، جهات جنوب و جنوب غرب نقاط شهری را در اولویت قرار بدهند.

● پیشنهاد می‌شود که از مدل ارزیابی اکولوژیکی دکتر مخدوم نیز برای برنامه‌ریزی بهینه کاربری زمین برای شهرستان کاشان استفاده شود.

● برای برنامه‌ریزی بهینه‌ی کاربری زمین در سطح شهرستان شاخص‌هایی همچون نفوذپذیری خاک و سایر ویژگی‌های خاک منطقه، سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی به خصوص در کاربری کشاورزی مد نظر قرار گیرد. چون شهرستان کاشان جزء مناطق گرم و خشک است و بارندگی در این منطقه کم می‌باشد، در نتیجه آب چاه‌ها و قنات‌ها بسیار تأثیرگذار هستند.

● در مطالعات آبی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور به روز نمودن داده‌های مورد استفاده، علی‌الخصوص پوشش گیاهی و کاربری اراضی استفاده شود.

● بازدید از منطقه به منظور سنجش نتایج مدل‌سازی و میزان قطعیت آن می‌تواند به بهبود روش‌های مکان‌یابی کمک نماید.

منابع و مآخذ

۱. ابراهیم‌زاده، رفیعی؛ عیسی، قاسم (۱۳۸۸). مکان‌یابی بهینه‌ی جهات گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (gis) شهر مرودشت. جغرافیا و توسعه، ۱۳۸۸، ص ۷۰-۴۵.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۱۳۸۸)

مکان‌یابی توسعه شهری با منطق فازی ... / ۲۳۱

- با استفاده از مدل تلفیقی فازی و ANP. دو فصلنامه‌ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران. ص ۴۵-۶۰.
۱۹. کرم، عبدالامیر؛ (۱۳۸۳). کاربرد مدل ترکیب خطی وزنی WLC در پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش. مجله‌ی جغرافیا و توسعه ص ۱۳۲-۱۴۶.
۲۰. کیانی، خنجری عالم، فاضل‌نیا؛ اکبر، امیر، غریب (۱۳۸۸). کاربری مدل ANP در ارائه‌ی الگوهای مناسب جهت بهینه‌سازی رابطه شهر و روستا.
۲۱. متکان، شکیب، پور علی، نظم فر؛ علی‌اکبر، علیرضا، سیدعلی، حسین؛ (۱۳۸۷). مکان‌یابی مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS علوم محیطی سال ششم - شماره‌ی دوم. ص ۱۲۱-۱۳۲.
۲۲. محمدی، کاظمی؛ سیدمهدی، موسی (۱۳۸۰). توسعه‌ی پایدار شهری: مفاهیم و دیدگاه‌ها. تحقیقات جغرافیایی. ص ۹۴-۱۱۳.
۲۳. میرکتولی، کنعانی؛ جعفر، محمدرضا (۱۳۹۰). ارزیابی توان اکولوژیک کاربری توسعه‌ی شهری با مدل تصمیم‌گیری چند معیاری MCDM و GIS (مطالعه‌ی موردی: شهرستان ساری، استان مازندران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره‌ی ۳، ص: ۷۵-۸۸.
۲۴. نگارش، حسین، (۱۳۸۲) کاربرد ژئومورفولوژی در مکان‌گزینی شهرها و پیامدهای آن، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان، ص: ۱۳۴-۱۵۰.
25. Akgun, Aykut; Dag, Serhat; Bulut, Fikri; "Landslide susceptibility mapping for a landslide-prone area (Findikli, NE of Turkey) by likelihood-frequency ratio and weighted linear combination models." Environ Geol, 2008: 1127-1143.
26. Ayalew, Lulseged; Yamagish, Hiromitsu; Ugawa, Norimitsu; "Landslide susceptibility mapping using GIS-based." February 21, 2004: 73-81.
27. Burrough, P. A. (1990) "Methods of Spatial analysis in GIS". International journal of geographic information systems, 4, pp. 221 - 223.
28. Erol, Serpil, and Babak Daneshvar. "The DEA - FUZZY ANP Department Ranking Model Applied in

- کاربرد ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCE) در مکان‌یابی دفن پسماند شهری (مطالعه موردی شهر تبریز). فصلنامه علمی محیط زیست شماره ۵۱، ص ۲۶-۳۶.
۱۱. عالم تبریز، باقرزاده آذر، م. (۱۳۸۸). تلفیق ANP فازی و TOPSIS تعدیل‌شده برای گزینش تأمین‌کننده راهبردی پژوهش‌های مدیریت، دوره ۲، شماره ۳، صص ۱۴۹-۱۸۱، زاهدان.
۱۲. عشورنژاد، غ؛ طاهری، م؛ عباسپور، ر. ع. (۱۳۹۲). به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (FUZZY ANP) در شناسایی مکان بهینه ایستگاه‌های انتقال پسماند شهرستان اصفهان. محیط شناسی، ص ۱۶۵-۱۷۷.
۱۳. قدسی‌پور، سیدح. (۱۳۸۹). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، چاپ هشتم، تهران.
۱۴. قرخلو، حسینی؛ مهدی، هادی (۱۳۸۵). شاخص‌های توسعه‌ی پایدار شهری. مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی هشتم.
۱۵. قرخلو، پورخباز، امیری، فرجی سبکبار؛ مهدی، حمیدرضا، محمدجواد، حسنعلی (۱۳۸۸). ارزیابی توان اکولوژیک منطقه قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعه شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. مطالعات و پژوهش‌های شهری منطقه‌ای، دوره ۱، شماره ۲، از ص: ۵۱-۶۸.
۱۶. قرخلو، داودی، زندوی، جرجانی؛ مهدی، محمود، سیدمجدالدین، حسن علی (۱۳۹۰). مکان‌یابی مناطق بهینه‌ی توسعه‌ی فیزیکی شهر بابل بر مبنای شاخص‌های طبیعی. جغرافیا و توسعه ص ۹۹-۱۲۲.
۱۷. قنوتی، دلفانی گودرزی؛ عزت‌اله، فاطمه (۱۳۹۲). مکان‌یابی بهینه توسعه کشاورزی با تأکید بر پارامترهای طبیعی شهرستان بروجرد. فصلنامه‌ی اقتصاد فضا و توسعه‌ی روستایی. ص ۱۵-۳۲.
۱۸. قنوتی، دلفانی گودرزی؛ عزت‌اله، فاطمه (۱۳۹۲). مکان‌یابی بهینه توسعه شهری با تأکید بر پارامترهای طبیعی

- techniques to landslidesusceptibility mapping and their comparisonwith logistic regression modelling.” Environ Ecol Stat, 2011: 471–493.
42. Process”, Springer Science, LLC, pp. 1-23, 2006
43. Samuel, O.W; omisore, M.O; ojokoh, B.A;. “A web based decision support system driven by fuzzy logic for the diagnosis.” Expert Systems with Applications, 2013: 4164-4171.
44. Tadic´, Snež´ana; Zec´evic´, Slobodan; Krstic´, Mladen; “A novel hybrid MCDM model based on FUZZY DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection.” Expert Systems with Applications, 2014: 8112–8128.
45. T. L Saaty, Vargas, L. G, “Decision Making with the Analytic Network.
46. T. L Saaty; “Decision Making with Dependence and Feedback, The.” RWS Publications. Pittsburgh, 1996.
47. Vinod K. Tewari: “Improving Access to Scrvices and Facilities in Developing Countries”, International Regional Science Review, 1992, Vol.15, No.1, PP.25-37.
48. Wei Yanga, Hao; Feng Chang, Kuei. “Combining means-end chain and fuzzy ANP to explore customers’ decision process in selecting bundles.” International Journal of Information Management, 2012: 381– 395.
- Iran.” JANUARY 2010.
29. Egger, Steve. “Determining a sustainable city model”, Environmental Modelling & Software: 2005.
30. H.S. Sudhira a, T.V. Ramachandra a, K.S.Jagadish, (2004). Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, PP.29-39.
31. Herbert, D. T., & Thomas, C. J. (1997). Cities in space: city as place (3rd ed). London: David Fulton Publishers.
32. Jakobson, L., & Prakash, V. (Eds.) (1971). Urbanization and national development. Sage: Beverley Hills. Kickert, W. J. M., & Mamdani, E. H. (1978). Analysis of a fuzzy logic controller. Fuzzy Sets and Systems, 1, 29–44.
33. Lei, zhu; jing-feng, huang; “GIS-based logistic regression method for landslide susceptibility.” Journal of Zhejiang University SCIENCE A, 2007.
34. Lin, R. H. (2009). An integrated FANP–MOLP for supplier evaluation and order allocation. AppliedMathematical Modeling, 33(6), 2730–2736.
35. Liu, yan; phinn, stuart R;. “Modelling urban development with cellular.” Computers, Environment and Urban Systems, 2003: 637-658.
36. Mahini, A.salman; gholamalifard, A;. “Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment.” International Journal of Environment Science and Technology, 2006: 435-445.
37. Merlin, Pierr(2000):Methodes Quantitative and Space Urban Publisher.University of Paris.
38. Ni-Bin Changa, G. Parvathinathanb, Jeff B. Breedenc, (2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, Journal of Environmental Management, PP.139-153.
39. Nikora, allen; R.Iyu , michael;. A heuristic approachfor software reliability prediction.
40. Ojokoh, B. A., Omisore, M. O., Samuel, O. W., & Ogunniyi, T. O. (2012). A fuzzy logic based personalized recommender system. Pediatric Infectious Disease Journal, 2(5), 1008–1015.
41. Pradhan, Biswajeet; “Manifestation of an advanced fuzzy logic model coupledwith Geo-information