پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۲، شماره ٤، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، از صفحه ۶۱ تا ۷٤

ارائه مدل جدید تلفیقی مکان‌یابی مبتنی بر منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS (نمونه موردی شهرک صنعتی بیرجند)

سید سعیدرضا احمدی‌زاده[۱]، فاطمه حاجی‌زاده*[۲]، مهدی ضیائی[۳]

۱ استادیار گروه محیط‌زیست دانشگاه بیرجند
۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست
۳ کارشناس ارشد شهرسازی، عضو هیأت علمی دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۳۰؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲)

چکیده

یکی از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌های توسعه منطقه‌ای، مکان یابی محل مناسب استقرار مناطق صنعتی است. امروزه استفاده از داده‌های مکانی و تحلیل درست این داده‌ها برای بهره‌گیری در مکان‌یابی مناسب شهرک‌های صنعتی با اهمیت بوده و از رشد فزاینده‌ای در سطح تحقیقات روز، برخوردار شده است. بنابراین تعیین تابع تلفیقی مناسب در طراحی و اجرای GIS کاربردی برای مکان یابی بهینه و مناسب ضروری و اجتناب ناپذیر است. توابع تلفیقی از انواع توابع تجزیه‌وتحلیل مکانی GIS هستند که امکان انتخاب مکان بهینه را با استفاده از نقشه‌های ورودی و از طریق عملگرهای تلفیقی فراهم می‌کنند. این توابع از لحاظ نحوه عملکرد به انواع مختلفی مانند بولین، AHP، همپوشانی شاخص، منطق‌فازی، ژنتیک و وزن‌های نشان‌دهنده تقسیم می‌شوند.

در این تحقیق ابتدا شاخص‌ها و معیارهای مناسب برای مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی تعیین و سپس آماده برای ورود به توابع فازی و تحلیل سلسله مراتبی در محیط‌های Arc Sdm، Export Choice شد. پس از آن نتایج و دقت عملکرد این دو روش مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در پایان، برتری و دقت مدل فازی بر فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین گردید.

کلید واژه‌ها: مکان‌یابی، فازی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات مکانی

* نویسنده مسئول: Email: hajizadeh_najmeh@yahoo.com

سرآغاز

انتخاب مکان مناسب برای مناطق صنعتی به علت آثار اجتماعی، اقتصادی و محیطزیستی، عامل کلیدی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای محسوب می‌شود. مکان‌گزینی از جمله تحلیل‌های مکانی است‌که تأثیر فراوانی در کاهش هزینه‌های ایجاد و راه‌اندازی فعالیت‌های مختلف دارد. امروزه یافتن مکان، یا مکان‌های مناسب برای ایجاد فعالیتی در حوزه جغرافیایی معین، جزء مراحل مهم پروژه‌های اجرایی، به‌ویژه در سطح کلان و ملی به شمار می‌رود (مهدی‌پور، ۱۳۸۵).

رشد صنعت به‌صورت مجتمع، منطقه، ناحیه، قطب، یا شهرک صنعتی پدیده‌ای است‌که به لحاظ اهمیت از آغاز قرن بیستم میلادی در توسعه صنعتی کشورهای جهان و بهره‌گیری از امکانات و توانایی‌های هر منطقه مورد توجه قرار گرفته است. هر کشوری که بخواهد در راه صنعتی کردن خود گام بردارد ناچار است از لحاظ آمایش سرزمین و تقسیم نیروی کار در مناطق مختلف کشور با هدف توسعه صنعتی محورها و قطب‌ها، مکان‌هایی را برای تجمع، انتخاب و سازماندهی کند (Forslid, et al, 2002) این سازماندهی متأثر از عواملی مانند رشد جمعیت، اشتغال، محدودیت زمین، حفاظت و توسعه محیط زیست و تعیین کاربری زمین‌های صنعتی است. بدین‌ترتیب از رشد بی‌رویه صنعت در برخی از نواحی و مناطق، به‌ویژه از آلودگی محیطزیست جلوگیری می‌شود (پولادزاده، ۱۹۹۷؛ Mirata and Emtairah, 2005). توسعه پایدار مستلزم فرمول جدید برای طراحی و تعیین محل مناطق صنعتی به گونه‌ای است‌که آثار منفی تولید شده با آن در مراحل ایجاد و بهره‌برداری به حداقل برسد (De Juan, et al, 2005). برای کاهش آثار و تبعات منفی اماکن صنعتی بر محیطزیست باید مکان‌گزینی این مراکز مبتنی بر ارزیابی توان اکولوژیک و معیارهای انتخابی در مدل‌های اکولوژیک باشد. ترکیب این معیارها و نقشه‌ها برای پیدا کردن مکان بهینه، کاری مشکل و استفاده از روش‌های به روز را الزامی می‌کند. در این راستا از ابزاری مثل GIS و روشهای همچون AHP و FUZZY در ارزش‌دار کردن نقشه‌ها و معیارها می‌توان بهره برد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

شهر بیرجند به لحاظ جغرافیایی از موقعیتی ویژه و راهبردی برخوردار است. این شهر با قرارگیری در مسیر ارتباطی سه استان خراسان، سیستان و بلوچستان و کرمان و همچنین کشور افغانستان دارای جایگاه ویژه‌ای از لحاظ ارتباطی و امنیتی است. همین مزیت یکی از دلایلی است‌که باعث شده تا شهر بیرجند به‌عنوان مرکز استان خراسان جنوبی انتخاب شود و این موضوع موجب رشد و توسعه بیشتر و سریعتر محدوده مطالعاتی خواهد بود (شکل ۱).

شکل (۱): نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

انواع مدل‌های تلفیق اطلاعات برای مکان‌یابی اراضی

یکی از مهم‌ترین توانایی‌های GIS که آن را به عنوان سیستمی ویژه و انحصاری مجزا می‌کند، توانایی تلفیق داده‌ها برای مدل‌سازی، مکان‌یابی و تعیین تناسب اراضی از طریق ارزشگذاری پهنهٔ سرزمین است. زیرا در نتیجهٔ تلفیق و ترکیب معیارها، بهترین نقطه برای استقرار مراکز و مکان‌های بهینه انتخاب می‌شود. برای ترکیب معیارها روش‌های متفاوتی وجود دارد که مهمترین آنها به قرار زیر است:

منطق بولین (منطق صفر و یک)، منطق همپوشانی (روی‌هم‌گذاری)، منطق احتمالات، ضریب همبستگی، شبکه‌های

عصبی مصنوعی، منطق فازی (منطق تار و نامعین)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و FAHP (پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۶؛ Ziaei, and Hajizadeh, 2011).

مکان‌یابی شهرک صنعتی

شهرک صنعتی مکانی است دارای محدوده و مساحت معین که موقعیت مکانی آن طبق ضوابط و اصول مکان‌یابی پروژه‌های صنعتی و بر اساس راهبرد توسعه شهرک‌های صنعتی کشور معین شده و تأسیسات زیربنایی و خدمات فنی مورد نیاز در ارتباط با نوع فعالیت صنعتی در مکان‌یابی شهرک صنعتی آن استقرار می‌یابند (Kapur and Graedel, 2004; Smith, 1971). مکان‌یابی شهرک صنعتی مبتنی بر توسعه پایدار فرایندی است‌که طی آن ابتدا شاخص‌ها و معیارهای مربوط به آن مشخص می‌شود و سپس در قالب مدل ریاضی بیان می‌شود تا بتوان مناسب‌ترین مکان را تعیین کرد. مشخصه‌های موثر در مکان‌یابی شهرک صنعتی را می‌توان در چهار گروه به‌صورت ذیل طبقه‌بندی کرد (شاد و همکاران، ۱۳۸۸):

- **دسترسی‌ها**: مجموعه عوامل و شاخص‌های مؤثر برای دسترسی مناسب به تسهیلاتی مانند جاده، راه‌آهن، فرودگاه، امکانات شهری، نیروی کار روستایی، مراکز آموزشی، امکانات درمانی، ایستگاه‌های پلیس و ... است.
- **امکانات زیربنایی**: شامل عوامل و شاخص‌های مؤثر برای تأمین امکانات زیربنایی مانند آب، برق، گاز، تلفن و ... است.
- **محیط‌زیست**: شامل عوامل و شاخص‌های مؤثر در حفاظت از محیط‌زیست مانند آلودگی هوا، حفاظت از جنگل‌ها، حفاظت از مراتع، جلوگیری از انقراض نسل حیوانات و ... است.
- **عوامل طبیعی**: عوامل موجود در طبیعت، یا نشأت گرفته از طبیعت، مانند شیب زمین، وزش باد، زلزله، رودخانه و ... را در بر می‌گیرد.

برای انجام مکان‌یابی ابتدا لایه‌های مؤثر در مکان‌یابی استاندارد شدند .این عملیات لازمه استفاده از قواعد تصمیم‌گیری است (Charnpratheep et al, 1997). بنابراین عوامل فوق، قبل از ورود به مدل‌های تلفیقی با استفاده از توابع آماده سازی داده‌ها مانند حذف خطاهای هندسی و غیرهندسی، تبدیل ساختار داده‌ای، ترکیب، خلاصه سازی، تهیه نقشه وزن‌دار و طبقه‌بندی پیکسلی، پردازش شده و براساس میزان تأثیر واحدهای مکانی در مکان شهرک صنعتی و با در نظر گرفتن تجربیات و استانداردسازی فضای فکری متخصصان مختلف در این زمینه، طبقه‌بندی شدند؛ سپس وارد مدل های ریاضی مناسب شده و بر اساس منطق حاکم بر مدل‌ها با یکدیگر تلفیق شدند. این مدل‌ها که برای تقلید جنبه‌های خاصی از واقعیت استفاده می‌شوند، بر اساس توابع و عملگرهایشان و بر مبنای نحوه استفاده از دانش داده‌ای، یا کارشناسی به انواع مختلفی مانند، منطق بولین، همپوشانی شاخص، منطق فازی، ژنتیک، وزن های نشان‌دهنده تقسیم می‌شوند (Bonham-Carter, 1994).

منطق فازی

براساس نظریه فازی مجموعه‌ها، مجموعه فازی زیرمجموعه‌ای است‌که مقدار عضویت عناصر آن در مجموعه اصلی با توجه به تابع عضویت حد واسط بین، صفر و یک باشد (Hansen,2003 ؛ Zadeh,1965 ؛ Ghazanfari, 2006 ؛ Menhaj, 2007).

عملگر اشتراک فازی (AND)

این عملگر معادل با عملگر AND بولین (اشتراک منطقی) در مقادیر مجموعه کلاسیک (۱و۰) است‌که به عنوان معادله (۱-۱) مشخص شده است.

$$\mu_{Combination} = MIN(\mu A, \mu B, \mu C, \dots) \qquad (۱-۱)$$

μA: مقدار عضویت برای نقشه حاصل از ارزشگذاری فازی برای نقشه A و **μB:** مقدار عضویت فازی برای نقشه B و به همین ترتیب تا آخر است. البته باید همه عضویت‌های فازی به موضوع یکسانی مرتبط باشند.

مشابه با AND بولین، AND فازی در برآوردی محافظه‌کارانه از مجموعه عضویت، به مقادیر کوچکتر گرایش پیدا می‌کند (Bonham- Carter, 1994). در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به دلیل عدم وجود شاهد و عامل خاص برای تعیین مکان مناسب و ضعف این عملگر در اعمال اثر همه عوامل، این عملگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (شاد و همکاران، ۱۳۸۸).

عملگر جمع فازی (OR)

عملگر OR فازی شبیه به عملگر OR بولین (جمع منطقی)

است‌که در آن مقادیر عضویت خروجی با مقادیر حداکثر از هر یک از نقشه‌ها طبق معادله (۱-۲)، برای هر منطقه خاص کنترل می‌شوند.

$$\mu_{Combination} = MAX(\mu A, \mu B, \mu C, \ldots) \qquad (۲-۱)$$

با استفاده از این عملگر، مقدار عضویت تلفیقی در یک موقعیت، فقط به مناسب‌ترین نقشه‌ها محدود می‌شود. با اعمال عملگر جمع فازی، مقدار عضویت نهایی پیکسل‌ها در نقشه خروجی بزرگ شده و در صورت زیاد بودن ورودی‌ها به سمت عدد یک میل می‌کند. به دلیل بزرگ شدن اوزان موقعیت‌های نهایی، اثر این عملگر افزایشی است و در مواردی‌که مشخصه‌های مسئله یکدیگر را تقویت می‌کنند برای حل آن مناسب است. با این عملگر در هر موقعیت، حداکثر مقدار عضویت پیکسل در تمام نقشه‌های مورد تلفیق، به عنوان مقدار عضویت در نقشه نهایی وارد می‌شود. در نتیجه به علت چشم‌پوشی کردن از وزن‌های پایین پیکسل‌ها، یک خروجی بسیار خوش‌بینانه به دست می‌آید (Bonham-Carter, 1994). در مناطقی که شاخص‌های مکان‌یابی کمیاب بوده و وجود عوامل مثبت برای اظهار رضامندی کافی باشد، این عملگر استفاده می‌شود که به سبب عدم وجود شواهد و شاخص‌های مثبت برای تعیین مکان مناسب در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی و ضعف عملگر اجتماع فازی در اعمال اثر همه شاخص‌ها در خروجی، این عملگر مورد استفاده واقع نشده است (شاد و همکاران، ۱۳۸۸).

عملگرضرب جبری فازی

در این عملگر، تلفیق عضویت طبق معادله (۱-۳) تعیین می‌شود:

$$\mu_{Combination} = \prod_{i-1}^{X} \mu i \qquad (۳-۱)$$

μi تابع عضویت فازی برای نقشه iام است و i = ۱ و ۲ و ...، نقشه‌هایی هستند که تلفیق شده‌اند.

با این عملگر، مقادیر تلفیقی عضویت فازی به مقادیر خیلی کوچک تمایل دارند. میزان تأثیر ضرب چندین عضو، کمتر از ۱ می‌شود. خروجی همیشه کوچکتر، یا برابر با مقدار کوچکترین عضو شرکت‌کننده و کاهشی است (Bonham-Carter, 1994). با توجه به عدم وجود شواهد و شاخص‌های تضعیف‌کننده در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی، از این عملگر استفاده‌ای نخواهد شد (شاد و همکاران، ۱۳۸۸). این اپراتور باعث می‌شود تا در نقشه خروجی، اعداد کوچکتر شده و به سمت عدد صفر میل کنند. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرند. به همین دلیل اپراتور حساسیت بالایی در مکان‌یابی اعمال می‌کند (سلطانی، ۱۳۸۰). البته حساسیت بالای آن در مکان‌یابی دلیل بر مناسب بودن مدل برای مکان‌یابی نیست، زیرا ممکن است عرصه‌های مناسب دیگری هم وجود داشته باشند که به دلیل حساسیت بالای این مدل جزو مناطق مناسب قرار نگیرند (محمودی، ۱۳۸۶).

عملگرجمع جبری فازی

این عملگر، مکمل عملگر ضرب فازی است که با معادله (۱- ۴) تعیین می‌شود.

$$\mu_{Combination} = 1 - \prod_{i-1}^{x} (1 - \mu i) \qquad (۴-۱)$$

نتیجه حاصل از تلفیق با این عملگر، همیشه بزرگتر، یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت فازی شرکت کننده است و به همین علت به آن افزایشی گفته می‌شود. در این عملگر، مدارکی که با هم تلفیق می‌شوند، بیشترین حمایت را از فرضیه دارند (Bonham-Carter, 1994). در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی، به دلیل ارتباط افزایشی شاخص‌های دسترسی و امکانات زیربنایی (در مناطقی که امکانات زیر بنایی بیشتری دارند تسهیلات دسترسی بیشتری نیز وجود دارد)، مدل جمع فازی به‌عنوان مدل منتخب برای ارزیابی و تعیین مدل تلفیقی مناسب، انتخاب شده است (شاد و همکاران، ۱۳۸۸).

عملگر گامای فازی

عملگر گاما، تحت ضوابط ضرب جبری فازی و جمع جبری فازی تعیین می‌شود و بوسیله معادله (۱- ۵) به دست می‌آید. در اینجا گاما یک پارامتر انتخابی در دامنه (۰ و ۱) است.

$$\mu_{Combination} = (sum)^{\gamma} * (product)^{1-\gamma} \qquad (۵-۱)$$

وقتی γ برابر با ۱ است، مشابه جمع جبری فازی و وقتی γ برابر با ۰ است، ترکیب برابر با ضرب جبری فازی است. گزینه انتخابی γ مقادیر خروجی را که توافقی تضمینی بین گرایش افزایشی جمع جبری فازی و کاهشی آثار ضرب جبری فازی است، ایجاد می‌کند (Bonham-Carter, 1994). این عملگر زمانی استفاده می‌شود که اثر برخی از شواهد کاهشی و اثر پاره‌ای دیگر

افزایشی باشد. در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به سبب اثر افزایشی شاخص‌های دسترسی و امکانات زیر بنایی و نامعلوم بودن اثر عوامل محیطزیست و عوامل طبیعی، عملگر فازی گاما برای اجرا و ارزیابی انتخاب شده است(شاد و همکاران، ۱۳۸۸؛ ضیائی و حاجی زاده، ۱۳۸۹).

تحلیل سلسله مراتبی AHP

یکی از کارامدترین روش‌های تصمیم‌گیری است‌که اولین‌بار توماس‌ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ آن را مطرح کرد. این روش بر اساس مقا یسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. در ارتباط با استفاده از روش AHP در مکان‌یابی‌ها و تلفیق آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، پژوهش‌های متعددی در دنیا صورت گرفته است (حبیبی و نظری، ۱۳۸۵). روش تحلیل سلسله مراتبی AHP طوری طراحی شده که با ذهن و طبیعت بشری مطابق و همراه می‌شود و با آن پیش می‌رود. این فرایند مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری‌های شهری با یک شیوه منطقی است، به‌طوری‌که می‌توان گفت روش از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی مسئله بوده و از طرف دیگر با منطق، درک و تجربه، برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مربوط می‌شود (قدسی پور، ۱۳۸۴). نتایج به‌دست آمده از مطالعات پیشین نشان می‌دهد که روش تحلیل سلسله مراتبیAHP با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری و استفاده از معیارهای کیفی و کمی به‌طور هم‌زمان و نیز توانایی بررسی سازگاری در قضاوت‌ها می‌تواند در موضوعات مربوط به برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای کاربرد مطلوبی داشته باشد(زبردست، ۱۳۸۰). در این مرحله به منظور پیدا کردن مناسب‌ترین سایت‌ها برای استقرار شهرک صنعتی، از مدل AHP استفاده شده است.

یافته‌ها

حل مسئله با مدل فازی

در این پروژه از نرم‌افزار Arc sdm برای فازی کردن لایه‌ها استفاده شده است. قبل از فازی کردن لایه‌ها باید مراحل زیر انجام شود. بدین‌صورت که ابتدا تابع Distance را برروی تمام لایه‌ها اعمال کرده سپس لایه‌های حاصل از این تابع را بر اساس بعد[1] نرمال نشده آرای کارشناسان باز[2] طبقه‌بندی کرده و طبقات را منطبق بر نظریه فازی بین ارزش ۰- ۱۰ که معادل همان ارزش‌های فازی یعنی۰- ۱ هستند ارزشگذاری می‌شوند. علت ارزشگذاری در این مقیاس، را می‌توان عدم پذیرش مقادیر عددی بین ۰- ۱ با نرم افزار الحاقی Spatial Analysis در هنگام انجام پردازش Reclassify ذکر کرد. برای نمونه می‌توان به طبقه‌بندی و ارزشگذاری شیب و کاربری اراضی مانند جداول (۱ و ۲) اشاره کرد.

جدول (۱): ارزشگذاری فازی شیب

درجه	۰- ۶	۶- ۱۲	۱۲- ۱۸	۱۸- ۲۵	>۲۵
امتیاز	۱۰	۸	۵	۳	۱

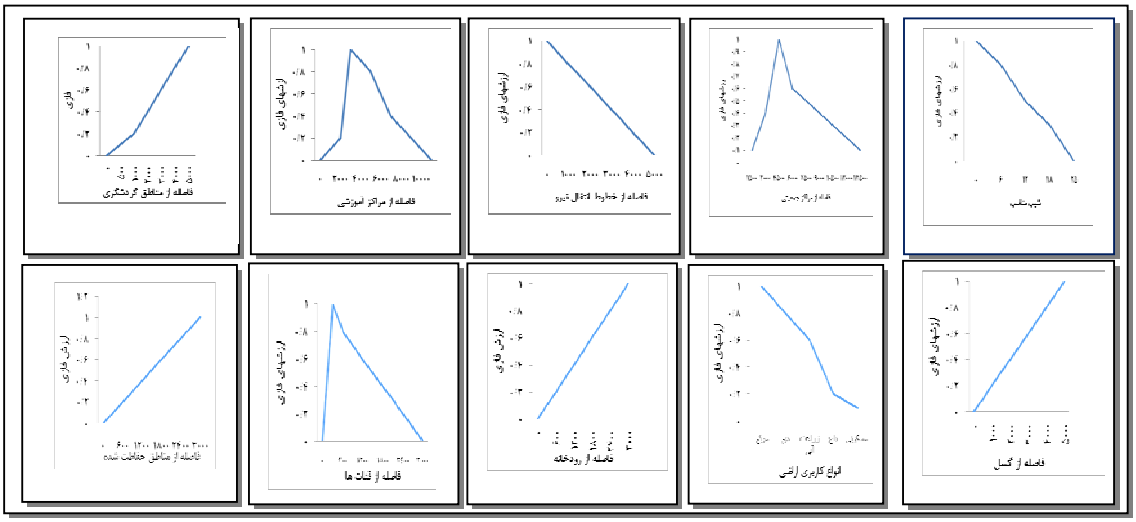
جدول (۲): ارزشگذاری فازی کاربری اراضی

نوع کاربری	مرتع ضعیف	کشت دیم	زراعت آبی	باغ و تاکستان	مناطق مسکونی
امتیاز	۱۰	۸	۶	۱	۰

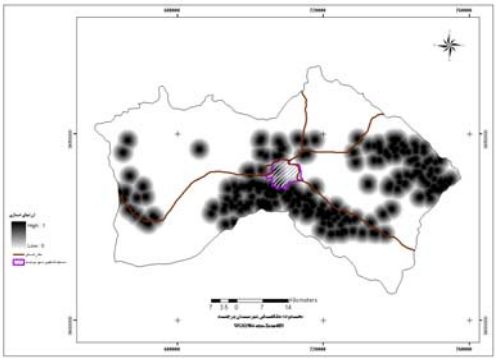
پس از طبقه‌بندی کردن لایه‌های حاصل از تابع Distance، بر اساس توابع فازی حاصل از نرم افزار Arc sdmلایه‌ها را (مطابق شکل‌های (۳ تا ۶)) فازی کرده، سپس بین لایه‌های مختلف، عملگرهای مناسب فازی استفاده شده است. با توجه به ارتباط افزایشی شاخص‌های دسترسی و امکانات زیربنایی در مناطقی که امکانات زیر بنایی بیشتری دارند، تسهیلات دسترسی بیشتری نیز یافت می‌شود، بنابراین مدل جمع فازی به عنوان مدل منتخب برای ارزیابی و تعیین مدل تلفیقی مناسب، انتخاب شده است. همچنین به دلیل نامعلوم بودن اثر شاخص‌های محیطزیست و عوامل طبیعی، عملگر فازی گاما برای اجرا و ارزیابی انتخاب شده است. بنابراین با توجه به عدم وجود شواهد و شاخص‌های تضعیف‌کننده در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی، سایر عملگرها مورد استفاده قرار نگرفتند. شایان ذکر است که با توجه به پردازش‌های متعددی که به صورت سعی و خطا بر روی داده‌ها انجام پذیرفت، مطلوب‌ترین مقدار گاما، در این مرحله ۰/۷۵ در نظر گرفته شد و نهایتاً برای تهیه خروجی، از عملگر گامای فازی بر روی ۴ لایه فازی حاصل از پردازش‌های مراحل

قبل استفاده شد که این بار نیز با توجه به پردازش‌های متعددی که به‌صورت سعی و خطا بر روی لایه‌ها صورت گرفت بهترین مقدار در این مرحله، عدد ۰/۲۵ تعیین و مورد استفاده قرار گرفت.

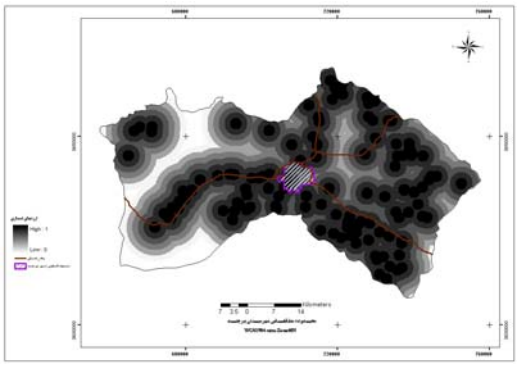
در شکل (۲) نمودارهای مربوط به معیارهای مختلف در مدل فازی رسم شده است.



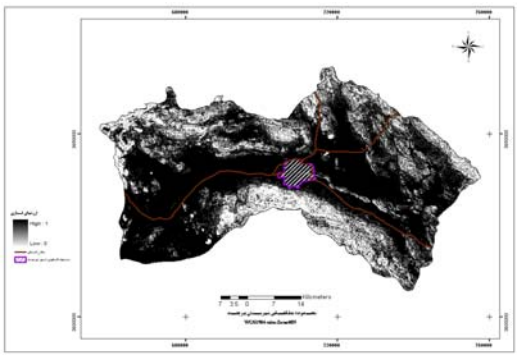
شکل (۲): نمودار ارزش‌های مشخصه‌های مکان‌یابی در مدل فازی



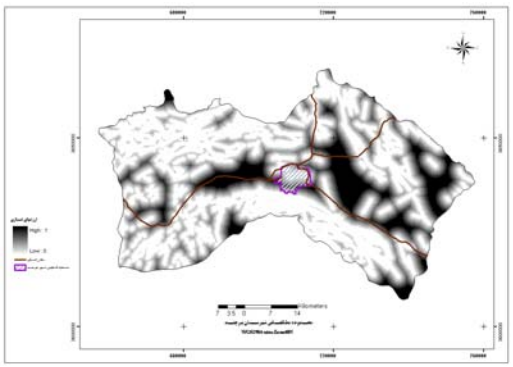
شکل (۳): نقشه ارزشگذاری فازی منابع آبی



شکل (۴): نقشه ارزشگذاری فازی مراکز جمعیتی

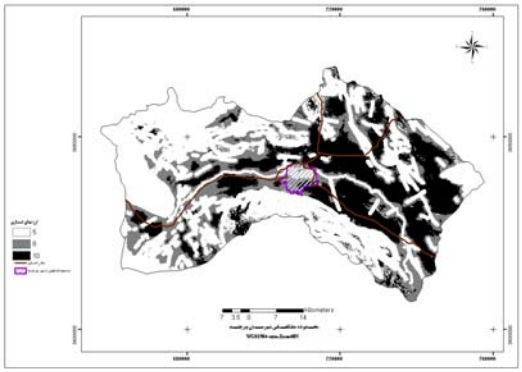


شکل (۵): نقشه ارزشگذاری فازی گسل ها



شکل (۶): نقشه ارزشگذاری فازی شیب

پس از اعمال ضرایب می‌باید لایه‌های وزن‌دار شده را با هم همپوشانی (Overlay) کرد که این عمل با حساب گرفتن از لایه امکان‌پذیر است. در پایان پس از همپوشانی تمام لایه‌ها، مکان‌های مناسب برای احداث شهرک صنعتی تهیه و مشخص شد. در نقشه خروجی، مناطق در سه کلاس خیلی خوب (ارزش ۱۰)، خوب (ارزش ۸) و متوسط (ارزش ۵) کلاسه‌بندی شدند که در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل (۷): نقشه نهایی طبقه‌بندی شده مکان‌یابی شهرک صنعتی با مدل فازی

حل مسئله با مدل تحلیل سلسله مراتبی

برای حل مسئله با روش AHP ابتدا مهم‌ترین معیارها برای مکان‌یابی شهرک صنعتی انتخاب و سپس ماتریس دودوئی ال‌ساعتی برای معیارها و زیرمعیارها تهیه شده است. تمامی مراحل مربوط به محاسبه و وزن‌دهی معیارها در مدل AHP با نرم‌افزار Expert Choice انجام شده و سازگاری مقایسه‌ها مورد تدقیق قرار گرفته است میزان سازگاری (CR) این مقایسه‌ها که رضامندی قضاوتی سازگار (کوچکتر و مساوی ۰/۱) را نشان می‌دهد در ادامه به کمک توابع تحلیلی GIS تمامی لایه‌های مربوط به این معیار تهیه و هر کلاس با توجه به امتیاز کسب شده آن معیار در مدل AHP امتیازبندی شده؛ سپس به کمک توابع همپوشانی در GIS این لایه‌ها بر روی‌هم قرار گرفته و در پایان مناسب‌ترین مکان‌ها به منظور استقرار شهرک‌صنعتی به صورت نقشه تهیه شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در چهار مرحله به شرح زیر انجام پذیرفته است:

- **تعیین معیارها، یا عوامل تصمیم‌گیری (مرحلهٔ اول):** عوامل یا معیارهای تصمیم‌گیری، ویژگی‌های مناسب برای رسیدن به هدفی خاص را دنبال می‌کنند. هدف اصلی در ساختار سلسله مراتبی، انتخاب مکان مناسب برای شهرک صنعتی است. اهداف، یا معیارهایی که فرد را به این هدف برساند معیارهای مهمّ مکان‌گزینی هستند.
- **ساختاربندی معیارها در یک فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (مرحله دوم):** در روش AHP فضایی، معیارها معمولاً به‌صورت سلسله مراتبی، یا خوشه‌ای طبقه‌بندی می‌شوند. هدف اصلی در بالاترین سطح و معیارهای بعدی در سطوح دوم و سوم قرار می‌گیرند و مقادیر وزنی آخرین سطح معیارها به‌عنوان ارزش سلول‌های لایه‌های اطلاعاتی در GIS وارد می‌شوند. شکل (۹) نحوه ساختاربندی معیارهای انتخاب شده را در مدل فرایند تحلیلی سلسله مراتبی نشان می‌دهد.
- **تعیین وزن معیارها یا اهمیت نسبی شاخص‌های تصمیم‌گیری (مرحله سوم):** یکی از روش‌های تعیین وزن معیارها مقایسه دو دویی و تعیین ارجحیت معیارها به یکدیگر نسبت به سطحی بالاتر است. جدولی که پروفسور ساعتی برای تعیین ارجحیت معیارها در فرایند تحلیلی سلسله مراتبی نسبت به یکدیگر ارائه داده به شرح جدول (۶) است.

جدول(۳): یا ماتریس میزان ارجحیت نسبی معیارها در مقایسه زوجی (Saaty, 1980)

اهمیت نسبی یک معیار نسبت به معیار دیگر در مقایسه زوجی	درجه ارجحیت
اهمیت برابر دو معیار	۱
ارجحیت متوسط	۳
ارجحیت قوی	۵
ارجحیت بسیار قوی	۷
ارجحیت بسیار شدید	۹
ارجحیت‌های میانی اعداد فرد	۸ ،۶ ،۴ ،۲

- **طراحی یک شاخص شایستگی برای انتخاب گزینه‌ها (مرحله چهارم):** شاخص شایستگی شهرک صنعتی، یا مناسب بودن هر سلول برای این هدف با استفاده از میزان توافق وزن‌های ارجحیت نسبی عوامل (RIWs) در

هر سطح ساختار سلسله مراتبی تعیین می‌شود. شاخص مناسب برای همه سلول‌های رستری به صورت همزمان با استفاده از عملیات جبری نقشه‌ها در محیط GIS مشخص می‌شوند. این شاخص بر گرفته از روش جمع وزنی در ماتریس توماس‌ال‌ساعتی بوده، ولی درمحیط GIS بر لایه‌ها اعمال و از طریق زیر محاسبه می‌شود:

این شاخص با حاصل‌ضرب وزن نسبی معیارهای (RIWs) ارزش سلول‌ها (پایین‌ترین سطح ساختار) در وزن نسبی معیارهای (RIWs) سطح بالاتر معیار قبلی در ساختار سلسله مراتبی محاسبه می‌شود و به‌عبارتی جمع ارزش‌های همه عناصر یک گروه، ضرب در مجموع به‌دست آمده آنها در مرحله قبل، در وزن شاخص‌های سطوح بالاتر (RIWs) و تکرار تا رسیدن به سطح ۲ ساختار برای نمونه معادله مربوط برای ساختار ۴ سطحی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$SI = \sum_{i}^{N_2}\left[RIW_i^2 * \sum_{j}^{N_{3i}} \left(RIW_{ij}^3\right) RIW_{ijk}^4 \right]$$

SI : شاخص شایستگی وزنی.

N_2 : تعداد معیارهای سطح دوم.

N_{3i} : تعداد زیرمعیارهای سطح سوم که به‌صورت مستقیم در ارتباط با معیار i ام سطح دوم هستند.

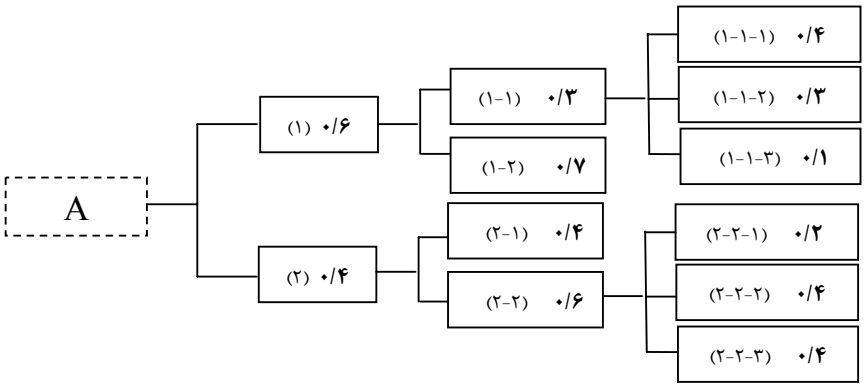
RIW_i^2 : وزن نسبی معیار i ام سطح ۲.

RIW_{ij}^3 : وزن نسبی زیرمعیارهای j سطح ۳ از معیار i ام سطح دوم.

RIW_{ijk}^4 : وزن نسبی زیرمعیار K سطح چهارم (اطلاعات توصیفی پیکسل‌ها) از زیرمعیار j سطح سوم از معیار i ام سطح دوم.

شکل (۸) نمونه‌ای از ساختار سلسله مراتبی و سطوح و معیارها را نشان می‌دهد. در این نمودار اعداد سلسله مراتبی، معیار فرض شده‌اند. برای محاسبهٔ شاخص شایستگی سلولی که در موقعیت ۱ـ۱ـ۱ از یک لایه و موقعیت ۲ـ۲ـ۲ ازلایهٔ دیگری قرار گرفته به این ترتیب عمل می‌شود:

$(R_1W_1 \times R_1W_{1\text{-}1} \times R_1W_{1\text{-}1\text{-}1}) + (R_1W_2 \times R_1W_{2\text{-}2} \times R_1W_{2\text{-}2\text{-}2})$
$= (0/6 \times 0/3 \times 0/4) + (0/4 \times 0/6 \times 0/4) = 0/168$



شکل(۸): نمودار نمونه ای از ساختار سلسله مراتبی و وزن‌های عوامل

ترکیب AHP و GIS برای حصول AHP فضایی (مرحلهٔ پنجم چهارم)

این مرحله که بخشی از مرحله قبل محسوب می‌شود نحوه استفاده از AHP و GIS را با یگدیگر نشان می‌دهد. در این مرحله وزن‌های مستخرج از AHP به لایه‌های اطلاعاتی تخصیص داده می‌شود. برای محاسبات کمی، نقشه‌های مورد استفاده از حالت برداری به حالت رستری باید تبدیل شوند. برای این کار در محیط نرم‌افزار GIS Arc و با استفاده از Extensionهای الحاقی این نرم‌افزار با نام (Spatial Analyses)، نقشه‌ها با دقتی مناسب، به نقشه‌های رستری، یا شبکه‌ای تبدیل می‌شوند. سپس برای هرلایه، وزن مربوط با استفاده از فرمول شاخص شایستگی تا سطح دوم محاسبه می‌شود و به لایه تخصیص داده می‌شود. حاصل عملیات انجام شده لایه‌هایی است‌که هر سلول آن یک وزن برای شایستگی انتخاب شهرک صنعتی را داراست و

حاصل جمع تمام این لایه‌ها مجموع وزن‌های شایستگی برای انتخاب شهرک صنعتی را نشان می‌دهد و هر چه این عدد بزرگتر باشد مکان برای شهرک صنعتی مناسب‌تر است.

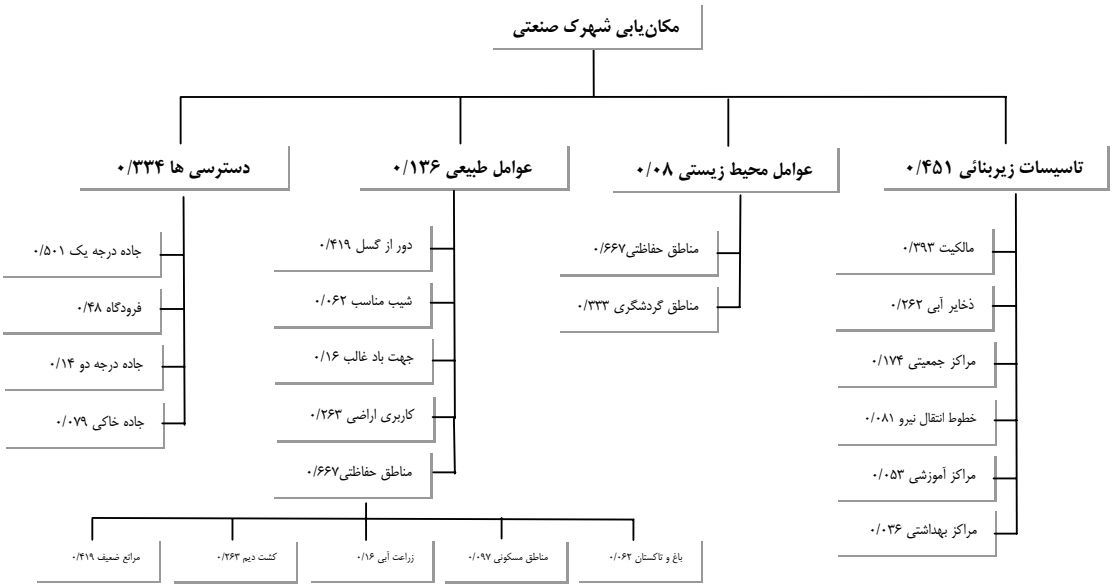
مشخصه‌های اصلی به مشخصه‌های فرعی‌تر تقسیم می‌شوند که در مجموع ۱۵ مشخصه مؤثر را شامل می‌شوند. ساختار سلسله مراتبی آن در شکل (۹) دیده می‌شود. در ادامه به مواردی از معیارهای تعیین و با ارزش به‌صورت جداول (۴ و ۵) اشاره شده است. کلاسه‌بندی و وزن‌دهی معیارها بر اساس بعد آرای کارشناسان و با توجه به اهمیت و فاصله آن مشخصه از شهرک صنعتی انجام شده است. بدین معنا که برای نمونه در مورد فاصله از گسل‌ها در منطقه مورد مطالعه، هر چه شهرک صنعتی از محل گسل‌ها فاصله بیشتری داشته باشد ارزش آن بیشتر است. در مورد سایر لایه‌ها نیز چنین توجیهاتی که با توجه به نتایج آرای کارشناسان است، وجود دارد. پس از اعمال ضرایب می‌باید لایه‌های وزن‌دار شده را با هم همپوشانی کرد که این عمل با حساب گرفتن از لایه امکان‌پذیر است. پس از مشخص شدن این طبقات و ارزش‌ها می‌باید لایه‌های باز طبقه‌بندی شده (مطابق اشکال (۱۰ تا ۱۳) را در ضرایب حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی که با استفاده از نرم‌افزار Export choice تهیه شده، ضرب کرد تا ارزش هر لایه در نتیجه نهایی یعنی انتخاب مکان شهرک‌صنعتی لحاظ و بهترین مکان تعیین شود.

جدول (۴): امتیازدهی فاصله از مراکز جمعیتی در مدل AHP

فواصل	۰– ۱۵۰۰	۱۵۰۰– ۳۰۰۰	۳۰۰۰– ۴۵۰۰	۴۵۰۰– ۶۰۰۰	> ۶۰۰۰
امتیاز	۰	۱۰	۷	۴	۱

جدول (۵): امتیازدهی فاصله از مناطق حفاظت شده در مدل AHP

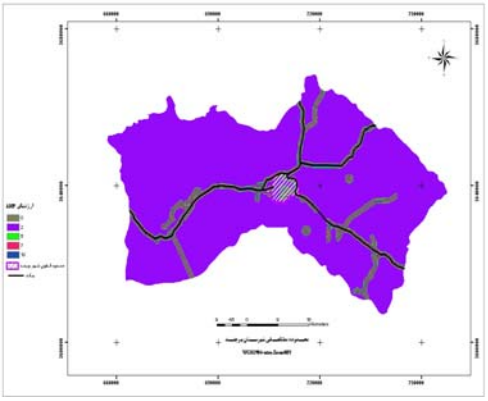
فواصل	۰ –۳۰۰	۳۰۰– ۶۰۰	۶۰۰– ۹۰۰	۹۰۰– ۱۱۰۰	>۱۱۰۰
امتیاز	۰	۳	۵	۷	۱۰



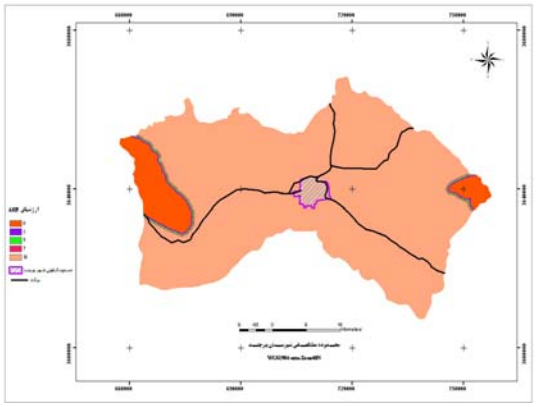
شکل (۹): نمودار ساختار سلسله مراتبی معیارهای استخراج شده برای مکان‌یابی شهرک صنعتی

پس از اعمال ضرایب می‌باید لایه‌های وزن‌دار شده را با هم همپوشانی کرد که این عمل با حساب گرفتن از لایه امکان‌پذیر است. در پایان پس از همپوشانی تمام لایه‌ها، مکان‌های مناسب برای احداث شهرک صنعتی تهیه و مشخص شد که در شکل (۱۴) نشان داده شده است. از آنجا که شهرک‌های صنعتی دارای آلودگی هوا هستند در نظر گرفتن جهت باد برای مکان‌گزینی حائز اهمیت است. بدین‌صورت که شهرک صنعتی نباید در مسیر باد غالب منطقه واقع شود؛ چرا که این آلودگی را با خود به درون شهر منتقل می‌کند و تبعات محیط‌زیستی به همراه خواهد داشت.

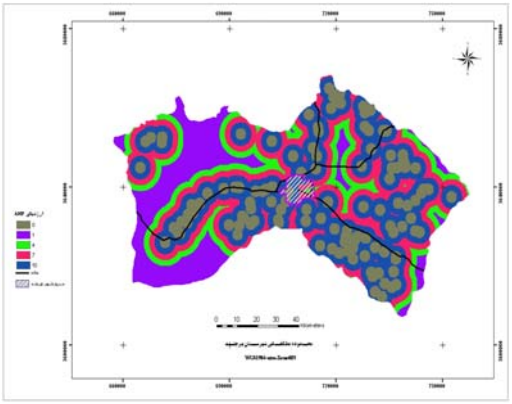
در منطقه مورد مطالعه باد غالب از سمت شرق است، بنابراین باید توجه کرد مناطقی که در جهت این باد قرار دارند از گزینه‌های مناسب برای احداث حذف شدند. در صورت وجود لایه پهنه بندی باد در منطقه می‌توان مانند سایر لایه‌ها آن را کلاسه‌بندی و ارزشگذاری کرد. اما در این پژوهش به علت عدم وجود این لایه مناطقی که در برابر باد واقع شده‌اند نامناسب تلقی شد به‌عبارتی دیگر سایت‌هایی که در خلاف مسیر باد غالب منطقه قرار دارند مناسب به نظر می رسند.



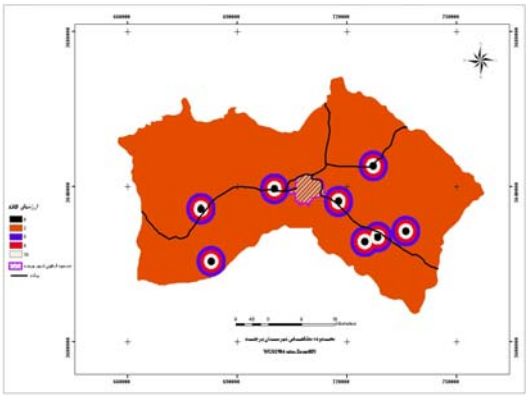
نقشه (۱۰): ارزشگذاری فاصله از جاده اصلی در مدل AHP



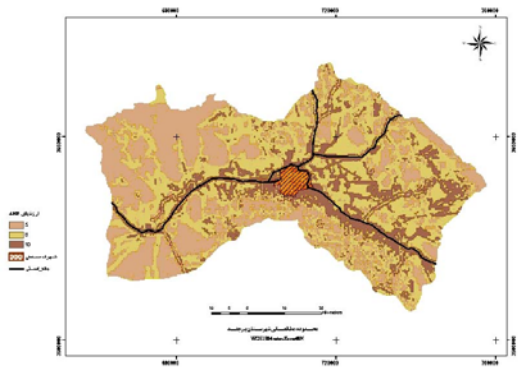
نقشه (۱۱): ارزشگذاری فاصله از مناطق حفاظت شده در مدل AHP



نقشه (۱۲): ارزشگذاری فاصله از مراکز جمعیتی در مدل AHP

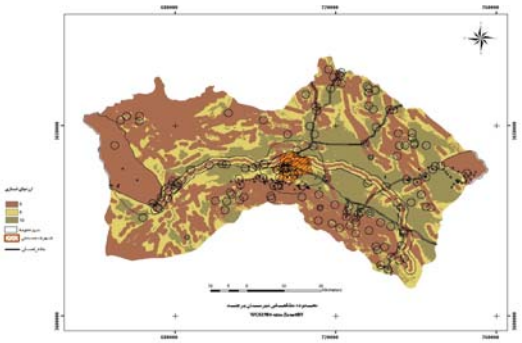


نقشه (۱۳): ارزشگذاری فاصله از مراکز بهداشتی درمانی در مدل AHP

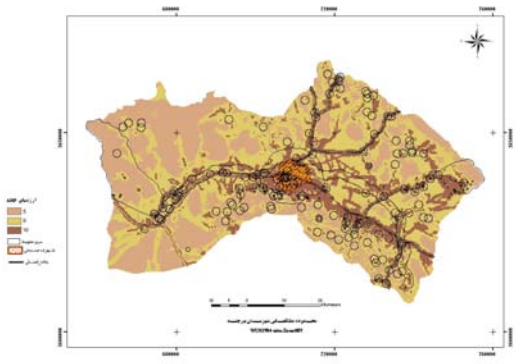


شکل (۱۴): نقشه مکان‌یابی شهرک صنعتی با مدلAHP

پس از مکان‌یابی نهایی لایه‌ای شامل تمام محدوده‌های ممنوعه، مصوب در سازمان حفاظت محیطزیست در قالب لایه Shape file تهیه شده که با همپوشانی با لایه خروجی حاصل از دو مدل فازی وAHP، این مناطق حذف و مناطق مناسب مشخص شد، که در شکل (۱۵ و ۱۶) مشاهده می‌شود.



شکل (۱۵): نقشه همپوشانی لایه ممنوعه با مدل فازی



شکل (۱۶): نقشه همپوشانی لایه ممنوعه با مدل AHP

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی سوابق پژوهشی نشان می‌دهد با وجود اهمیت مسئله تاکنون مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به‌صورت دقیق و مستدل بررسی نشده و فقط معدود پژوهش‌هایی که برخی از محققان در ایران در این زمینه انجام داده‌اند به بررسی آثار محیطزیستی شهرک‌های صنعتی پرداخته‌اند. برای نمونه می‌توان به پژوهشی که با تلفیق دو نگرش اقتصادی و محیطزیستی در مکان‌یابی شهرک صنعتی گچساران انجام شده اشاره کرد، در این پژوهش علاوه بر معرفی شاخص‌های اقتصادی، انسانی و محیطزیستی، مدل‌های گوناگون مکان‌یابی از جمله مدل تاکسونومتری عددی نیز مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل، سازگاری این مدل در تحلیل عوامل محیطزیستی را به‌خوبی نشان می‌دهد (شیری،۱۳۸۰).

در مطالعه تحقیقی دیگری که مکان‌یابی شهر صنعتی و آثار محیطزیستی آن برای شهر اراک توسط زنگانه و سلیمانی انجام شده، عوامل و معیارهای مؤثر در مکان‌یابی شهر صنعتی اراک و آثار آن بر وضعیت محیطزیستی این شهر مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان به این نتیجه دست یافتند که مکان‌یابی شهر صنعتی در چارچوب الگوی نو شهرهای صنعتی پیوسته، انتخاب مناسبی برای توسعه شهر اراک نبوده و آثار منفی چشمگیری در شرایط محیطزیستی این شهر داشته است (زنگانه و سلیمانی، ۱۳۸۴).

ارزیابی مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی استان چهارمحال‌وبختیاری از دیگر موارد پژوهش‌های انجام شده در ایران است که هدف از انجام آن بررسی محیطزیستی این شهرک صنعتی برای تأیید صحت محل جغرافیایی آن بوده است (مددی، ۱۳۸۲).

شاد و همکاران در پژوهشی جدید و کاربردی توانایی‌های چهار مدل، همپوشانی شاخص، فازی، وزن‌های نشان‌دهنده و ژنتیک را برای مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج ارزیابی مشخص کرد که مدل همپوشانی شاخص با نسبت زمانی۲/۲ ثانیه و کارایی با پنج واحد ارزیابی مثبت، بهترین مدل برای تلفیق مشخصه‌های مکان‌یابی شهرک صنعتی در مقایسه با مدل‌های فازی، ژنتیک و وزن‌های نشان‌دهنده است (شاد و همکاران، ۱۳۸۸).

به همین منظور با توجه به معدود تحقیقاتی که به لحاظ کمی، و یا به لحاظ کیفی در این زمینه انجام شده، در این پژوهش

سعی شده با استفاده از روش سازمان یافته تحلیل سلسله مراتبی و مدل فازی در محیط GIS به تحلیل و بررسی مناسبت مکانی، یا به عبارت دیگر ارزیابی و مکان‌گزینی تناسب سرزمین در قالب تولید و تلفیق نقشه‌های معیارها و آلترناتیوها پرداخته شود. نتایج حاصل ازکاربرد این مدل‌ها در ارتباط با نمونه موردی به شرح زیر است:

۱. در انتخاب مکان برای شهرک‌صنعتی، مشصه‌های مختلف طبیعی و غیرطبیعی تأثیر دارند. GIS روشی مناسب برای ترکیب کلیه مشخصه‌های مؤثر در مکان‌یابی است.

۲. استفاده توأم GIS و مدل‌های تحلیل سازگاری کاربری اراضی در تعیین رضامندی نسبی هر مکان برای انواع توسعه، می‌تواند نتایج سودمندی شامل توسعه مبتنی بر اصول پایدار و رعایت اصول محیط‌زیستی به دنبال داشته باشد.

۳. کارامدیFuzzy- GIS در برنامه‌ریزی پویا برای مکان‌یابی در این پژوهش تجربه شد. با توجه به اینکه هرگونه تغییری در وضع موجود به‌راحتی می‌تواند وارد سیستم شود، از یک طرف نتایج حاصل از این تغییر مشاهده می‌شود و ملاک عمل برای ادامه مراحل کار قرار می‌گیرد و از طرف دیگر از هزینه‌های اضافی و زمان‌های از دست رفته ، پرهیز می‌شود. با استفاده از روش این تحقیق، مدیران و سیاستگزاران قدرت تصمیم‌گیری صحیح را خواهند داشت زیرا این سیستم امکان استفاده از هوش و نبوغ انسانی را در تصمیم‌گیری‌ها فراهم می‌کند.

۴. روش AHP از این نظر مفید است که زمینه‌ای را برای تحلیل و تبدیل مسائل مشکل و پیچیده به سلسله مراتبی منطقی و ساده‌تر فراهم می‌آورد که در چارچوب آن برنامه‌ریزی بتواند ارزیابی گزینه‌ها را با کمک معیارها و زیرمعیارها به‌راحتی انجام دهد. افزون بر این، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را نیز فراهم می‌آورد و این یکی دیگر از ویژگی‌های منحصربه‌فرد روش AHP است. انعطاف‌پذیری، سادگی محاسبات و امکان رتبه‌بندی نهایی نیز از مزیت‌های دیگر AHP هستند که می‌توانند کمک مؤثری در بررسی‌های مربوط به مسائل شهری و برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای باشند.

۵. در روش AHP فرض بر این است که اهداف، معیارها و گزینه‌ها در ساختار سلسله مراتبی قرار می‌گیرند و وابستگی بین آنها به صورت خطی و یک‌طرفه است. این فرض ممکن است در بعضی موارد صادق نباشد و در چنین شرایطی نتیجه روش AHP ممکن است باعث برعکس شدن رتبه‌ها شود. یعنی با حذف گزینه‌ای ممکن است نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌های دیگر تغییر کند. بنابراین باید در استفاده از این روش اندکی محتاط[*] بود.

پیشنهادها

۱. مدل پیشنهاد شده قابل تعمیم به شهرهای دیگر کشور نیز است و همچنین می‌توان با توجه به خصوصیات و ویژگی‌های شهرهای دیگر معیارها را مورد تجدیدنظر قرار داد و تدقیق کرد که این مسئله خللی به کلیت مدل وارد نخواهد ساخت .

۲. کاربرد مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و فازی به صورت ترکیب آنها با یکدیگر، می‌تواند برای مکان‌یابی سایر مکان‌ها از جمله کاربری‌های مختلف شهری، صنعتی، محیط‌زیستی و غیره مفید باشد و دقیق‌تر از سایر روش‌ها عمل کند.

۳. بهتر است ارزش‌گذاری لایه‌ها با استفاده از مدل فازی انجام شود؛ زیرا این مدل انعطاف و دامنه ارزشی بیشتری را در بر می‌گیرد. در مدل فازی به علت انعطاف و دامنه ارزشی بیشتری که دارد پهنه‌های مشخص شده با این مدل در مقایسه با مدل AHP وسعت بیشتری دارد و این محدودیت انتخاب محل مناسب برای مکان بهینه را کاهش می‌دهد.

یادداشت‌ها

1. Demension
2. Reclass

*. اگر مولفان محترم به مقاله ۱۳۸۸ سردبیر در مجله علوم محیطی مراجعه می‌کردند زحمت استفاده از AHP را به خود نمی‌دادند. نتیجه‌گیری انجام شده در مقاله مبین این حقیقت است. سردبیر

فهرست منابع

احمدی زاده، س. س. ۱۳۸۲. تعیین و بکارگیری مدل‌های کمی اکولوژیک در محیط GIS مطالعه موردی منطقه قره تیکان زاوین. پایان نامه دکتری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تربیت مدرس.۱۴۰ ص.

پوراحمد، ا. حبیبی، ک. زهرایی، س. م. نظری عدلی، س. ۱۳۸۶. استفاده از الگوریتم‌های فازی و GIS برای مکان‌یابی تجهیزات شهری. مجله محیط‌شناسی، شماره۴۲: ۳۱-۴۲.

حبیبی، ک. نظری عدلی، س. ۱۳۸۵. پیاده‌سازی الگوریم تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS برای مکان گزینی بهینه فضاهای عمومی شهری (نمونه مورد مطالعه: فضاهای ورزشی منطقه شش شهر تهران).

زبردست، ا.۱۳۸۰. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه علمی، پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۱۰.

زنگانه، ا. سلیمانی، م. ۱۳۸۴، مکان‌یابی شهر صنعتی و اثرات زیست‌محیطی آن بر شهر اراک، مجله پژوهش‌های جغرافیایی: ۴۹-۳۳.

سلطانی، م، ج. ۱۳۸۰. مکان‌یابی عرصه‌های مستعد اجرای عملیات پخش سیلاب با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گزارش‌علمی.

شاد، ر. عبادی، ح. سعدی مسگری، م. وفائی نژاد، ع. ر. ۱۳۸۸. طراحی و اجرای GIS کاربردی برای مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از مدل‌های فازی، وزن‌های نشانگر و ژنتیک. نشریه دانشکده فنی، دوره ۴۳، شماره ۵: ۵۵۹ – ۵۴۷.

شیری، ک، ۱۳۸۰، بکارگیری مدل‌ها در مکان‌یابی شهرک های صنعتی، نمونه موردی: شهرستان گچساران، دانشگاه شهید بهشتی.

ضیائی، م. حاجی زاده، ف. ۱۳۸۹، طراحی و اجرای GIS کاربردی برای مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از مدل‌های فازی، ژنتیک و وزن‌های نشانگر مبتنی بر توسعه پایدار (مطالعه موردی شهر بیرجند)، تهران، نخستین همایش توسعه شهری پایدار.

قدسی پور، ح. ۱۳۸۴. فرایند تحلیلی سلسله مراتبی AHP انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ چهارم.

مددی، م. ۱۳۸۲، ارزیابی مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی استان چهارمحال و بختیاری. نمونه موردی شهرک صنعتی شهرکرد، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری.

مهدی‌پور، ف. ۱۳۸۵. مکانیابی مجتمع‌های خدماتی بین راهی وزارت راه و ترابری با استفاده از GIS با تأکید بر الگوریتم ژنتیک، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، گزارش علمی.

محمودی، م. ۱۳۸۶. معرفی و بررسی مزایا و معایب مدل‌های تلفیق(مدل منطقی بولین، مدل‌های شاخص همپوشانی نقشه، مدل‌های منطق فازی)در GIS، اولین همایش GIS شهری.

Bonham- Carter, G. F. 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. 1st Ed. Pergamo Press, Oxford, UK.

Charnpratheep, K., Q. Zhou & B. Garner. 1997. preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information systems. Waste management & Research, 15(2): 197- 215.

De Juan, A. Fernndez, I. Pérez, M. A. Fern Jndez. de Arrýabe, P. Ruiz, M.C. 2005. Analysis and development of factors to locate sustainable industrial areas. WSEAS Transactions on Environment and Development. 1: 258- 265.

Forslid, R., Haaland, J. I., and Midelfart, K. H. 2002. A U- shaped Europe A Simulation Study of Industriallocation. Journal of International Economics. 57: 273–97.

Ghazanfari, M. 2006. Introduction of Fuzzy Sets Theory. 1st Ed. Science and industry university Pub.,Tehran, Iran.

Hansen, H. S. 2003. A Fuzzy Logic Approach to Urban Land-use Mapping. Proc., Scan- GIS 2003, Helsinki, Denmark: 1- 10.

Kapur, A. & Graedel, T. E. 2004. Industrial Ecology. Encyclopedia of Energy, Vol. 3: 373- 382.

Mirata M. & Emtairah, T. 2005. Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: the case of the Landskrona industrial symbiosis programme. Journal of Cleaner Production, Vol.13: 993- 1002.

Menhaj, M. B. 2007. Fuzzy Computing. 1st Ed. Amirkabir Pub., Tehran, Iran.

Pooladdezh, M. 1997. Industrial Projects Site selection and Efficiency. 5th Ed. Perag Pub. Tehran. Iran.

Smith, D. M. 1971. Industrial Location: an Economic Geographical Analysis. 1st Ed. John Wiley & Sons, New York.

Saaty, T. L. 1980. The Analytical Hierarchy Porocess. Mc- Graw Hill.NewYork. 48- 72.

Zadeh .L.A. 1965. Fuzzy Sets, Information and Control.

Ziaei, M. Hajizadeh, F. 2011. Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP): A GIS- based multicriteria evaluation/selection Analysis, The 19th International Conference on GeoInformatics, Shanghai, China, 2011, jun- 24- 26.