

طراحی و اجرای GIS کاربردی جهت مکان یابی شهرک های صنعتی با استفاده از مدل های فازی، وزن های نشان گر و ژنتیک

روزبه شاد^۱، حمید عبادی^{۲*}، محمد سعدی مسگری^۳ و علیرضا وفائی نژاد^۱
^۱ دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر
^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر
^۳ استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر
(تاریخ دریافت ۸۵/۱۰/۲۴، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۷/۸/۱۸، تاریخ تصویب ۸۸/۲/۲۹)

چکیده

مدیران و تصمیم گیرندگان صنعتی کشور با توجه به دیدگاههای آمایش و استراتژی های توسعه صنعتی، مکان هایی را برای تجمع واحدهای صنعتی به صورت شهرک یا مجتمع، انتخاب و سازماندهی می کنند. سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان علم مدیریت اطلاعات مکانی قادر است ابزارهای مناسب جهت رفع مشکلات و پیچیدگی های تعیین مکان بهینه را در اختیار تصمیم گیرندگان صنعتی قرار دهد. توابع تلفیقی از انواع توابع تجزیه و تحلیل مکانی GIS هستند که امکان انتخاب مکان بهینه را با استفاده از نقشه های ورودی و از طریق عملگرهای تلفیقی فراهم می نمایند. این توابع از لحاظ نحوه عملکرد به انواع مختلفی مانند بولین، همپوشانی شاخص، منطق فازی، ژنتیک و وزن های نشان گر تقسیم می شوند. بنابراین تعیین تابع تلفیقی مناسب در طراحی و اجرای GIS کاربردی جهت مکان یابی بهینه شهرک های صنعتی ضروری است. بنابراین در این تحقیق ابتدا شرایط و فاکتورهای مؤثر در مکان یابی شهرک های صنعتی به همراه لایه های اطلاعاتی مربوطه، تعیین و آماده ورود به مدل های تلفیقی می شوند. سپس ویژگی ها و نحوه عملکرد مدل های همپوشانی شاخص، فازی، ژنتیک و وزن های نشانگر از لحاظ کارایی تابعی و دقت نتایج خروجی مورد ارزیابی قرار می گیرند. در نهایت با توجه به نتایج ارزیابی، مدل مناسب تعیین و واسط کاربر مطلوب توسعه می یابد. در نتیجه اجرای این مراحل مشخص گردید که مدل همپوشانی شاخص با نسبت زمانی ۲.۲ ثانیه و کارایی با ۵ ارزیابی مثبت بهترین مدل جهت تلفیق پارامترهای مکان یابی شهرک های صنعتی در مقایسه با مدل های فازی، ژنتیک و وزن های نشانگر است.

واژه های کلیدی: آمایش، سیستم اطلاعات مکانی، مکان یابی، همپوشانی شاخص، فازی، ژنتیک و وزن های نشانگر

مقدمه

صنعتی در نقاط مختلف کشور به روش سنتی نشان می دهد که به مسئله آمایش سرزمین، در مقیاس ملی و منطقه ای توجهی نمی شود و تقسیم کار و محدوده وظایف از دیدگاه کارشناسی مطرح نیست بلکه سیاست ها و اعمال نفوذها باعث شکل گیری آمایش سرزمین شده و می شود. این قضیه، باعث تداخل در وظایف و کاهش کارایی نواحی و شهرک های صنعتی خواهد شد. با توجه به موارد مذکور GIS به عنوان علم و فن مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی قادر است بسیاری از مشکلات مربوط به مکان یابی شهرک های صنعتی را با توجیه اقتصادی قابل قبول رفع نماید. در این راستا تحقیقات متفاوتی با استفاده از الگوریتم های همپوشانی شاخص، فازی و ژنتیک توسط محققین مختلف انجام شده است [۱۰-۵]. به عنوان مثال در یکی از این تحقیقات سعی شده است که با تلفیق نمودن پارامترهای مکانی

رشد صنعت به صورت مجتمع، منطقه، ناحیه، قطب یا شهرک صنعتی پدیده ای است که به لحاظ اهمیت از آغاز قرن بیستم میلادی در توسعه صنعتی کشورهای جهان و بهره گیری از امکانات و قابلیت های 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، مکان هایی را برای تجمع واحدهای صنعتی به صورت شهرک یا مجتمع، انتخاب و سازماندهی کند [۱]. این سازماندهی متأثر از عواملی مانند رشد جمعیت، اشتغال، محدودیت زمین، حفاظت و توسعه محیط زیست و تعیین کاربری زمین های صنعتی می باشد. بدین ترتیب از رشد بی رویه صنعت در برخی از نواحی و مناطق، به ویژه از آلودگی محیط زیست جلوگیری می شود [۴-۲]. شرایط کنونی ایران و مکان یابی شهرک ها و نواحی

فرودگاه، امکانات شهری، نیروی کار روستایی، مراکز آموزشی، امکانات درمانی، ایستگاه‌های پلیس و ... است.

• امکانات زیربنایی: شامل عوامل و فاکتورهای مؤثر جهت تأمین امکانات زیربنایی مانند: آب، برق، گاز، تلفن و ... است.

• محیط زیست: شامل عوامل و فاکتورهای مؤثر در حفاظت از محیط زیست 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.

فاکتورهای فوق، قبل از ورود به مدل‌های تلفیقی با استفاده از توابع آماده‌سازی داده‌ها مانند: حذف خطاهای هندسی و غیرهندسی، تبدیل ساختار داده‌ای، ترکیب، خلاصه سازی، تهیه نقشه وزن دار و طبقه‌بندی پیکسلی، پردازش شده و بر اساس میزان تاثیر واحدهای مکانی در مکان شهرک صنعتی و با در نظر گرفتن تجربیات و استانداردهای فضای فکری متخصصان مختلف در این زمینه، طبقه بندی می‌شوند. سپس وارد مدل‌های ریاضی مناسب شده و بر اساس منطق حاکم بر مدل‌ها با یک دیگر تلفیق می‌شوند. این مدل‌ها که برای تقلید جنبه‌های خاصی از واقعیت به کار می‌روند، 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، وزن‌های نشانگر تقسیم می‌شوند که در ادامه در مورد آنها توضیح داده می‌شود [۱۴].

مدل منطق بولین

در این مدل ابتدا نقشه‌های ورودی بر اساس ضوابط و شرایط به صورت صفر و یک تعریف می‌شوند. بدین نحو که در هر واحد مکانی مقدار ۱ از یک نقشه ورودی نشان دهنده مناسب بودن و مقدار صفر نشان دهنده نامناسب بودن موقعیت مکانی آن است. سپس نقشه‌های ورودی با استفاده از اپراتورهای منطقی مانند AND، OR، XOR و NOT با یکدیگر تلفیق شده و نقشه خروجی را به وجود می‌آورند. در نقشه خروجی واحدهای مکانی حاوی ارزش ۱، مکان‌های مناسب جهت کاربرد مورد نظر هستند. در

مؤثر در محیط GIS، اثرات زیست محیطی مکان یک شهرک صنعتی بر محیط اطراف مدل سازی شده و مورد ارزیابی قرار گیرد. در این مقاله از مدل تلفیقی همپوشانی شاخص و روش وزندهی تحلیل سلسله مراتبی برای ساده سازی فرایند تصمیم گیری و مکانیابی شهرک‌های صنعتی استفاده شده است [۱۱]. در اکثر مطالعات انجام شده، نکته قابل توجه این است که روند ارزیابی مناسبی جهت به کارگیری متد تلفیقی مناسب اجرا نشده است. لذا مقاله پیش رو با هدف ارزیابی مدل‌های مختلف تلفیقی، جهت کاربرد مطلوب به صورت ذیل سازماندهی شده است.

در بخش دوم، در مورد پارامترهای مؤثر بر مکانیابی شهرک‌های صنعتی شرح داده شده و مدل‌های مورد استفاده جهت تلفیق آنها بررسی می‌گردند. در بخش سوم، روش‌های کلی وزندهی بر روی ورودی‌های مدل‌ها و خصوصیات هر یک جهت کاربرد مطلوب به صورت خلاصه بحث شده اند. در فصل چهارم، محیط سیستم مورد استفاده جهت مکان‌یابی و نحوه توسعه آن برای اجرای کاربرد مطلوب و ارزیابی مدلها تفسیر میشود. در بخش پنجم، مدل‌ها در محیط توسعه داده شده ارزیابی و مدل مناسب ارائه می‌شود و در نهایت در بخش ششم نتایج عملی کار توضیح داده خواهند شد.

مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از مدل‌های تلفیقی

شهرک صنعتی مکانی است دارای محدوده و مساحت معین که موقعیت مکانی آن طبق ضوابط و اصول مکان‌یابی پروژه‌های صنعتی و بر اساس استراتژی توسعه شهرک‌های صنعتی کشور معین شده و تأسیسات زیربنایی و خدمات فنی مورد نیاز در رابطه با نوع فعالیت صنعتی در آن استقرار می‌یابند [۱۲-۱۳]. مکان‌یابی شهرک صنعتی فرایندی است که در آن با توجه به نوع فعالیت‌ها و اهداف، فاکتورها و عوامل مؤثر تعیین شده و در یک مدل ریاضی مناسب تلفیق می‌گردند تا مکان مطلوب تعیین شود. فاکتورهای مؤثر در مکان شهرک‌های صنعتی با توجه به دیدگاه‌های صنعت در رابطه با مکان‌یابی، به چهار کلاس اصلی شامل موارد ذیل تقسیم می‌شوند.

• دسترسی‌ها: مجموعه عوامل و فاکتورهای مؤثر جهت دسترسی مناسب به تسهیلاتی مانند: جاده، راه آهن،

نشان می‌دهد. مقدار درجه عضویت هر کلاس و واحد مکانی، مانند وزن‌های موجود در روش همپوشانی شاخص، بر اساس نظرات کارشناسی و استفاده از دانش داده‌ای تعیین می‌گردد [۲۲-۲۳]. سپس با استفاده از عملگرهای فازی عملیات تلفیقی مورد نظر انجام می‌شود. پنج عملگر فازی به نام اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی، جمع فازی و فازی گاما برای تلفیق مجموعه فاکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرند که در نهایت با اعمال عملگرهای فازی واحدهای مکانی نقشه خروجی حاوی درجه عضویت خواهند بود.

عملگر اشتراک فازی

عملگر اشتراک فازی، مشابه عملگر اشتراک در مجموعه‌های کلاسیک است که به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$\mu_{\text{Combination}} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (2)$$

در این رابطه μ_A ، μ_B و μ_C بیانگر مقادیر عضویت فازی واحدهای مکانی موجود در هر فاکتور، در یک موقعیت مشخص است. این عملگر در یک موقعیت مشخص، حداقل درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌کند. عملگر اشتراک فازی منجر به پدید آمدن یک تخمین محافظه کارانه از عضویت مجموعه‌ای با تمایل به ایجاد مقادیر کوچک می‌شود و بیشتر در مواقعی که دو یا چند فاکتور خاص برای اثبات یک فرضیه بایستی با هم وجود داشته باشند مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به دلیل عدم وجود شاهد و فاکتور خاص جهت تعیین مکان مناسب و ضعف این عملگر در اعمال اثر همه فاکتورها، این عملگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

عملگر اجتماع فازی

این عملگر مشابه عملگر اجتماع در مجموعه‌های کلاسیک است که به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود.

$$\mu_{\text{Combination}} = \text{MAX}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (3)$$

در این رابطه μ_A ، μ_B و μ_C بیانگر مقادیر عضویت فازی واحدهای مکانی موجود در هر فاکتور، در یک موقعیت مشخص می‌باشند. این عملگر در یک موقعیت مشخص موجود در فاکتورهای مختلف، حداکثر درجه عضویت

این مدل کلیه فاکتورها وزن‌های یکسانی دارند، تفکیک اولویت‌ها در خروجی امکان پذیر نیست و واحدهای مکانی ورودی در یک کلاس اطلاعاتی قرار می‌گیرند. بنابراین با استفاده از این مدل نمی‌توان تصمیم‌گیری صحیحی بر روی مکان شهرک صنعتی نمود.

مدل همپوشانی شاخص

در مدل همپوشانی شاخص علاوه بر اعمال وزن هر فاکتور منفرد نسبت به دیگر فاکتورها، به هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود در فاکتور، بر اساس اهمیت نسبی و نظرات کارشناسی وزن تعلق می‌گیرد [۱۵-۱۶]. بعد از اتمام عملیات وزن‌دهی، فاکتورها بر اساس رابطه (۱) با یکدیگر تلفیق می‌شوند.

$$S = \frac{\sum W_i S_{ij}}{\sum W_i} \quad (1)$$

در این رابطه W_i وزن i امین نقشه و S_{ij} وزن i امین کلاس از i امین نقشه و S ارزش هر واحد مکانی در نقشه خروجی می‌باشد. این مدل از قابلیت اولویت‌بندی و انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به مدل منطق بولین برخوردار است ولی ماهیت خطی و عدم توانایی آن در تعیین تغییرات درست وزنی مربوط به مرز کلاس‌های موجود در هر فاکتور، از جمله معایب آن محسوب می‌شوند [۱۷].

منطق فازی

بر اساس نظریه فازی مجموعه‌ها، یک مجموعه فازی زیر مجموعه‌ای است که مقدار عضویت عناصر آن در مجموعه اصلی با توجه به یک تابع عضویت حد واسط بین صفر و یک باشد [۲۱-۱۸]. در عملیات تلفیق فاکتورها، کلاس‌ها و واحدهای مکانی منفرد موجود در هر یک از فاکتورها به عنوان عناصر زیر مجموعه هستند و معیار عضویت آنها در مجموعه مطلوب (مکانهای مناسب جهت احداث شهرک‌های صنعتی) میزان مناسب یا نامناسب بودن آنهاست که با درجه عضویت بین ۰ تا ۱ مشخص می‌شود. هر کلاس یا واحد اطلاعاتی موجود در فاکتور دارای یک درجه عضویت بین ۰ تا ۱ می‌باشد که در هر فاکتور اهمیت و ارزش یک واحد مکانی نسبت به دیگر واحدها و یک فاکتور منفرد نسبت به دیگر فاکتورها را

شرح داده خواهد شد، به دلیل ارتباط افزایشی فاکتورهای دسترسی و امکانات زیربنایی (در مناطقی که امکانات زیربنایی بیشتری دارند تسهیلات دسترسی بیشتری نیز وجود دارد) مدل جمع فازی به عنوان مدل منتخب جهت ارزیابی و تعیین مدل تلفیقی مناسب، انتخاب شده است.

عملگر فازی گاما

این عملگر، حالت کلی از ضرب و جمع فازی است که در آن فاکتورها طبق رابطه (۶) تلفیق می‌شوند.

$$\mu_{Combination} = (Sum)^{\gamma} * (Product)^{1-\gamma} \quad (۶)$$

در این رابطه مقدار γ بین اعداد صفر تا یک قابل تعیین است. اگر مقدار γ یک انتخاب شود، رابطه تبدیل به عملگر جمع فازی و اگر مقدار γ صفر انتخاب شود رابطه به عملگر ضرب فازی تبدیل خواهد شد. انتخاب صحیح و آگاهانه γ بین صفر و یک، مقادیری را در خروجی به وجود می‌آورد که نشان دهنده سازگاری قابل انعطاف میان گرایش‌های کاهشی و افزایشی دو عملگر جمع و ضرب فازی می‌باشند. این عملگر زمانی استفاده می‌شود که اثر برخی از شواهد کاهشی و اثر برخی دیگر افزایشی باشد. در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به دلیل اثر افزایشی فاکتورهای دسترسی و امکانات زیربنایی و نامعلوم بودن اثر فاکتورهای محیط زیست و عوامل طبیعی، عملگر فازی گاما جهت اجرا و ارزیابی انتخاب شده است.

مدل ژنتیک

مدل ژنتیک به عنوان یکی از مهمترین انواع مدل‌های تکاملی همیشه بهترین جواب را تضمین نمی‌کند، ولی قادرست که محدوده جواب‌های ممکن را بیابد. این امر با وارد نمودن خصوصیات هدف در مدل تحقق می‌یابد [۲۴].

اجزاء مدل ژنتیک

اجزاء اصلی مدل‌های ژنتیک موارد ذیل هستند.

الف - کروموزم: کروموزم نمایشی از جواب مسأله است. در مسأله مکان‌یابی، مجموعه واحدهای مکانی منتخب برای هر پیکسل شهرک صنعتی با توجه به فاکتورهای مؤثر در مکان شهرک صنعتی، کروموزم را به وجود می‌آورند.

ب - جمعیت: مجموعه‌ای از کروموزم‌ها در هر نسل، تشکیل جمعیت می‌دهند [۲۵]. بنابراین در مکان‌یابی

واحدهای مکانی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌نماید. به عبارت دیگر مقدار عضویت ترکیب شده در یک موقعیت توسط مناسب‌ترین نقشه‌های فاکتور محدود می‌شود. در جاهایی که شاخص‌های مکان‌یابی کمیاب بوده و وجود فاکتورهای مثبت برای اظهار مطلوبیت کافی باشد، این عملگر به کار می‌رود که به دلیل عدم وجود شواهد و فاکتورهای مثبت جهت تعیین مکان مناسب در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی و ضعف عملگر اجتماع فازی در اعمال اثر همه فاکتورها در خروجی، این عملگر مورد استفاده واقع نشده است.

عملگر ضرب فازی

عملگر ضرب فازی در یک موقعیت مشخص موجود در فاکتورهای مختلف، درجه عضویت واحدهای مکانی را ضرب نموده و در نقشه نهایی منظور می‌نماید. این عملگر به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود که در آن μ_i بیانگر وزن فاکتور i ام است.

$$\mu_{Combination} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad (۴)$$

با استفاده از این عملگر مقادیر عضویت فازی در نقشه خروجی کوچک شده و به سمت صفر میل می‌کند، بنابراین بر روی فاکتورها اثر کاهشی خواهد داشت. برخلاف عملگرهای فازی اشتراک و اجتماع، در این عملگر کلیه مقادیر عضویت نقشه‌های ورودی در نقشه خروجی تأثیر می‌گذارند و فاکتورهای مؤثر یکدیگر را تضعیف می‌کنند. بنابراین با توجه به عدم وجود شواهد و فاکتورهای تضعیف کننده در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی، از این عملگر استفاده‌ای نخواهد شد.

عملگر جمع فازی

این عملگر مکمل عملگر ضرب فازی می‌باشد که به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود و با استفاده از آن مقادیر عضویت فازی در نقشه خروجی بزرگ شده و به سمت ۱ میل می‌کند.

$$\mu_{Combination} = 1 - \left(\prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right) \quad (۵)$$

بدین معنی که قسمتی از شواهد و فاکتورها یکدیگر را تقویت نموده و در نتیجه اثر افزایشی بر هم خواهند داشت. در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی که در بخش بعد

تلفیق فاکتورها وارد می‌کند. این مدل حالت خطی از مدل بی‌سین (Bayesian) است که ایده تقدم و تأخر احتمالات را مورد استفاده قرار می‌دهد. بدین ترتیب که احتمال واقع شدن هر شهرک صنعتی موجود در لایه مکان شهرک‌های صنعتی به عنوان احتمال متقدم و احتمال وقوع شهرک صنعتی در صورت حضور فاکتورهای مکان‌یابی (نشانه‌ها) به عنوان احتمال متأخر در نظر گرفته می‌شوند. در این مدل با استفاده از روش‌های آمار و احتمال، فاکتورها وزن‌دهی شده و نقشه نمایش دهنده احتمال متأخر تهیه می‌شود [۱۴].

برای تهیه نقشه احتمال متأخر شهرک‌های صنعتی ابتدا نسبت کفایت و نسبت لزوم هر فاکتور با استفاده از روابط (۷) و (۸) محاسبه می‌شود.

$$LS = \frac{P(B_i|D)}{P(B_i|\bar{D})} \quad (7)$$

$$LN = \frac{P(\bar{B}_i|D)}{P(\bar{B}_i|\bar{D})} \quad (8)$$

در روابط فوق B_1, B_2, \dots, B_n محدوده تأثیر هر یک از فاکتورهای موجود در منطقه، B_1, B_2, \dots, B_n محدوده مکمل، LS نسبت کفایت، LN نسبت لزوم و D نشان دهنده مکان‌های شهرک‌های صنعتی موجود می‌باشد. مقادیر LS و LN به ترتیب نشان دهنده میزان تطابق محدوده تأثیر و محدوده خارج از تأثیر فاکتورها در منطقه مورد مطالعه با مکان‌های شهرک‌های صنعتی موجود می‌باشند. با توجه به هدف مدل یعنی محاسبه احتمال متأخر $P(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \dots \cap B_n)$ ، این احتمال به شکل اتفاق بیان می‌شود. اتفاق در واقع نسبتی از احتمال اتفاق افتادن یک رویداد به احتمال اتفاق نیفتادن آن است

$$O(D) = \frac{P(D)}{1 - P(D)} \quad (9)$$

در رابطه (۹) $O(D)$ بیانگر اتفاق D است.

$$O(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \dots \cap B_n) = \prod_{i=1}^n O(D|B_i) \quad (10)$$

$$O(D) + \pi (LS_i \text{ or } LN_i) \quad (11)$$

$$P(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \dots \cap B_n) = \frac{O(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \dots \cap B_n)}{1 + O(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \dots \cap B_n)}$$

شهرک‌های صنعتی، مجموعه واحدهای مکانی منتخب، جمعیت اولیه را به وجود می‌آورند.

ج - درجه تطابق: در هر نسل با مقایسه هر کروموزوم با کروموزوم‌های دیگر، درجه تطابق تعیین می‌شود. درجه تطابق امکان زنده ماندن یک کروموزوم را در نسل بعدی مشخص می‌کند.

د- پارامترهای کنترلی: پارامترهای کنترلی، مجموعه شرایطی مانند تعداد نسل‌ها، تعداد کروموزوم‌های نسل، طول کروموزوم‌ها نرخ انتخاب نسل جدید، نرخ جهش و نرخ پیوند هستند که بر اساس اهداف مسأله و حجم اطلاعات ورودی انتخاب می‌شوند.

ه- عملگرهای ژنتیک: شامل عملگرهای انتخاب، جهش و پیوندی می‌باشد که با اعمال بر روی کروموزوم‌های هر نسل کروموزوم‌های بهتر بعدی را تولید می‌کنند.

حل مسئله تلفیق فاکتورها با استفاده از مدل ژنتیک

در این مدل ابتدا به هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی، مشابه مدل فازی وزن‌دهی شده و جواب‌های اولیه با توجه به موقعیت‌های مکانی شهرک‌های صنعتی موجود مشخص می‌گردند. سپس با استفاده از مقادیر مکانی موجود در فاکتورها، به صورت تصادفی جمعیت نسل اول به وجود می‌آید. به کروموزوم‌های نسل اول بر اساس مقایسه مقادیر تعلق پیکسل‌ها، تابع فیت منتسب می‌شود. سپس اپراتورهای ژنتیک اعمال شده و کروموزوم‌های بهتر بعدی به وجود می‌آیند. در ادامه بر روی کروموزوم‌های نسل جدید فرایند فوق تکرار می‌گردد، تا هنگامی که شرایط مربوط به پارامترهای کنترلی صادق است. در نهایت مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها با فاکتورهای مطلوب جهت مکان شهرک صنعتی باقی خواهند ماند [۸].

مدل‌های ژنتیک با داشتن ویژگی‌هایی مانند انعطاف پذیری، استحکام و سازگاری در مسائل پیچیده غیرخطی، برای حل مسائل پیچیده و ترکیبی مکان‌یابی، بسیار مناسب هستند. با توجه به این خصوصیات، مدل ژنتیک به عنوان سومین مدل، جهت مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی و مقایسه نتایج آن با دیگر روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدل وزن‌های نشانگر

مدل وزن‌های نشانگر مفاهیم احتمال را در عملیات

ماتریس های مقایسه زوجی و مشکل بودن استانداردسازی واحدهای اندازه گیری ذهنی، نیز می باشد [۲۶].

استفاده از دانش داده ای

دانش داده ای متکی بر اطلاعات اولیه موجود در مورد جواب مسأله می باشد. بدین نحو که با استفاده از جواب های اولیه موجود در مسئله و به کارگیری الگوریتم- های کارا مانند وزن های نشانگر و شبکه عصبی، می توان وزن فاکتورها و معیارهای تاثیر گذار را تعیین کرد. به عنوان مثال یکی از روش های مناسب جهت تعیین میزان وابستگی بین فاکتورها و مکان های موجود، الگوریتم وزن های نشانگر است. بدین صورت که ابتدا با توجه به نسبت کفایت و لزوم محاسبه شده در روابط (۷) و (۸) به ازای هر فاکتور دو مقدار W^+ و W^- مطابق با روابط (۱۲) و (۱۳) تعریف می شود.

$$W = \ln(LS) \quad (12)$$

$$W^+ = \ln(LN) \quad (13)$$

این دو مقدار که وزنه های مثبت و منفی نشانگر نامیده می شوند، در واقع لگاریتم نپین نسبت های کفایت و لزوم می باشند. در ادامه ثابت C (Contrast) برای هر فاکتور به صورت مستقل محاسبه می گردد (رابطه (۱۴)). این ثابت بیانگر میزان وابستگی هر فاکتور با مکان شهرک های صنعتی شناخته شده است.

$$C = |(W^+) - (W^-)| \quad (14)$$

در این روش احتمال به وجود آمدن اشتباه کمتر است ولی درستی عملکرد آن بستگی به میزان صحت و دقت جواب های اولیه موجود دارد.

استفاده توأم از دانش کارشناسی و داده ای

در این روش با در نظر گرفتن نتایج حاصل از دانش و تجربیات کارشناسان و و وزن دهی به روش دانش داده ای، به هر یک از فاکتورها وزن تعلق می گیرد. بدین نحو که ابتدا وزن ها از طریق دانش کارشناسی و داده ای به صورت مجزا محاسبه شده، سپس وزن مطلوب با مقایسه مقادیر به دست آمده تعیین می گردد. در نتیجه احتمال وقوع اشتباه کاهش یافته و وزنها به واقعیت نزدیکتر خواهند شد در عملیات مکان یابی شهرک های صنعتی از این روش در بازه وزنی ۰ تا ۱ استفاده شده است.

در (۱۰) و (۱۱)، $O(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \dots \cap B_n)$ و $P(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \dots \cap B_n)$ به ترتیب بیانگر اتفاقات و احتمال وقوع D (مکان های شهرک های صنعتی موجود) با شرط وقوع فاکتورهای B_n, \dots, B_2, B_1 می باشد. بدین ترتیب در هر واحد مکانی متعلق به نقشه خروجی مقادیر احتمال متأخر شهرک های صنعتی محاسبه می شود [۱۴]. این روش یک روش عینی است و از انتخاب ذهنی عوامل وزنی به طور مثال شبیه روش همپوشانی شاخص اجتناب می کند. از معایب آن این است که فاکتورهای ورودی مستقل از یکدیگر فرض می شوند که با واقعیت خارجی تباین دارد. علاوه بر آن وزن های نشانگر مانند سایر روش های متکی بر داده ها فقط در مناطقی قابل استفاده هستند که شهرک های صنعتی شناخته شده پراکندگی خوبی داشته باشند. با توجه به پراکندگی مناسب مکان های موجود شهرک های صنعتی در مرحله پی جویی اولیه و ماهیت تقریباً مستقل فاکتورها، این مدل به عنوان مدل چهارم جهت مقایسه با عملکرد مدل های دیگر انتخاب شد.

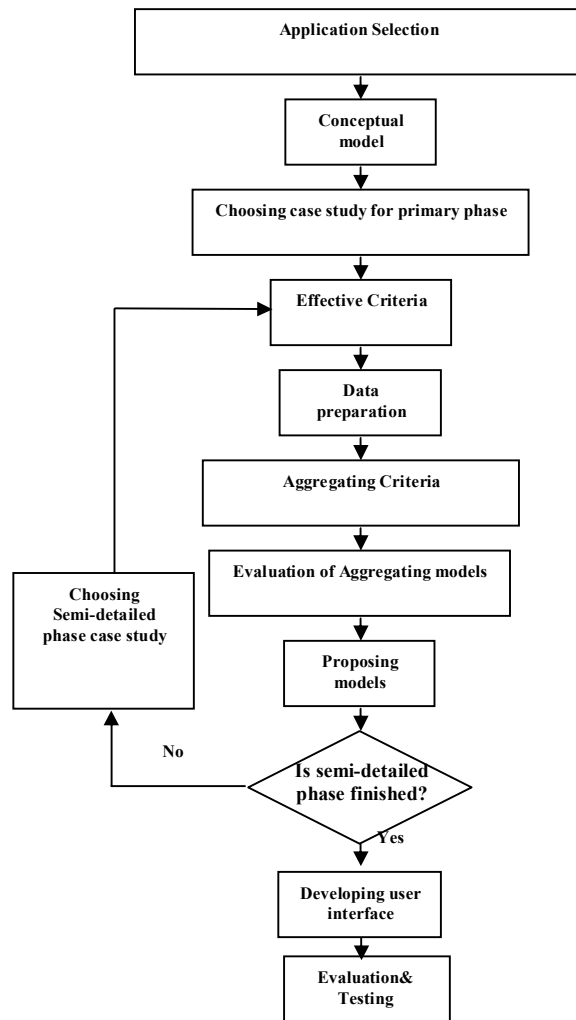
روش های وزن دهی به فاکتورهای ورودی مدل ها

وزن هر فاکتور نشان دهنده میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به فاکتورهای دیگر در عملیات تعیین مکان است. بنابر این انتخاب آگاهانه و صحیح وزن ها کمک بزرگی در جهت تعیین مکان درست شهرک های صنعتی می نماید. عملیات وزن دهی فاکتورها به سه روش ذیل قابل انجام است.

استفاده از دانش کارشناسی

در این روش با استفاده از تجربه و دانش متخصصین در زمینه کاربرد مورد نظر، ماتریس های مقایسه زوجی تشکیل شده و فاکتورهای مناسب با روش های وزن دهی تصمیم گیری چند معیاره گسسته (MADM) وزندهی می شوند. این وزن ها در یک بازه مشخص و توسط کارشناسان مختلف انتخاب می شوند. بدین نحو که ابتدا نظرات مختلف جمع آوری شده، سپس دیمانسیون های فکری آنها یکسان و در بازه مورد نظر نرمال سازی می گردد. از مزایای این روش می توان به ساده و مستند بودن آن اشاره نمود، اما دارای معایبی مانند، احتمال اشتباه نمودن متخصصین در تعیین وزن ها، ناسازگاری در

اهداف و جوانب موجود در آن به صورت دقیق بررسی شوند. سپس مدل مفهومی به عنوان چارچوبی برای هدایت مراحل مکان‌یابی و روشن نمودن نحوه تأثیر عوامل مختلف به صورت دیاگرام موجودیت-رابطه ترسیم می‌گردد (شکل ۳).



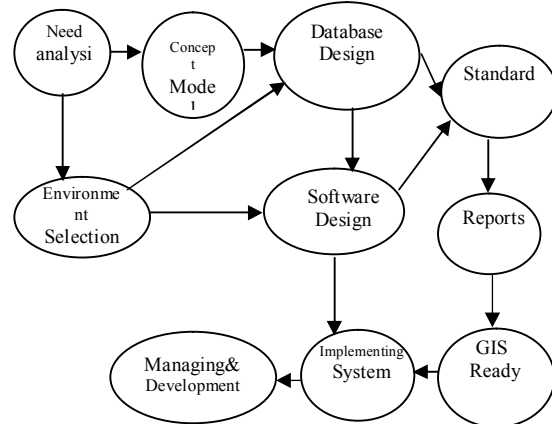
شکل ۲: مراحل توسعه GIS پایه به GIS کاربردی جهت مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی.

در این دیاگرام موجودیت‌های کلی، توصیفات و روابط مورد نیاز تعیین شده و با استفاده از نمادهای استاندارد تعریف می‌گردند. در مرحله سوم مطالعات پی‌جویی اولیه در مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ در شش مرحله انجام می‌گیرد و با توجه به گزینه بهینه پیشنهادی آن محدوده مطالعاتی مرحله نیمه تفصیلی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تعیین می‌شود. در این مقاله محدوده مطالعاتی

GIS پایه صنایع و روند توسعه آن

طرح سیستم اطلاعات جغرافیایی پایه صنایع (MIMGIS) با تلاش متخصصین داخلی و اساتید دانشگاهی به عنوان نقطه شروعی جهت تحقق بهینه اهداف صنعتی کشور و گسترش فرهنگ به کارگیری GIS، با استفاده از مدل افزایشی در ده مرحله طراحی گردیده است [۲۷]. این مدل یک چارچوب اجرایی برای طراحی و اجرای GIS می‌باشد که از استحکام و اعتمادپذیری بالایی برخوردار است [۲۸] (شکل ۱).

با در نظر گرفتن تنوع نیازهای کاربردی در بخش صنعت کشور، حجم بالای اطلاعات موجود و احتیاج به توابع تجزیه و تحلیلی خاص جهت انجام این کاربردها، فرایند طراحی و اجرای طرح جامع MIMGIS در دو فاز پایه و کاربردی طرح‌ریزی شده است (شکل ۲).

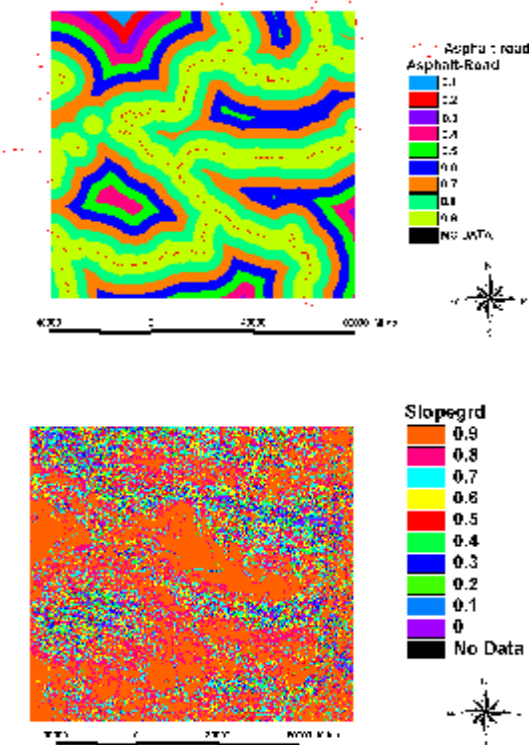


شکل ۱: مراحل مختلف طراحی GIS صنعت.

در نتیجه با در نظر گرفتن مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به عنوان یکی از کاربردهای مورد نیاز، تعیین تجزیه و تحلیل خاص آن در محیط GIS و تولید محصولات اطلاعاتی، مجموعه عملیات توسعه GIS پایه طراحی شده به GIS کاربردی در دو مرحله مطالعاتی پی‌جویی اولیه و نیمه‌تفصیلی و در ده قسمت مختلف انجام می‌گیرد. در بخش اول با توجه به نتایج مطالعات نیازمندی‌های پایه و تخصصی کاربران، استراتژی‌های وزارت صنایع و دیدگاه‌های آمایشی، مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به عنوان یکی از نیازهای اصلی بخش صنعت انتخاب می‌گردد. در واقع در این بخش بایستی مساله و

نسبت به هم از نرم افزار Expert Choice و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است [۲۹] (جدول ۲و). AHP یک روش تحلیل سلسله مراتبی در تصمیم گیریهای چند متغیره است که از ویژگی های بارز آن امکان اندازه گیری های کمی و کیفی به صورت توأم، محاسبه ناسازگاری ها، ایجاد تعادل و کاهش پیچیدگی در روال تصمیم گیری است [۲۹].

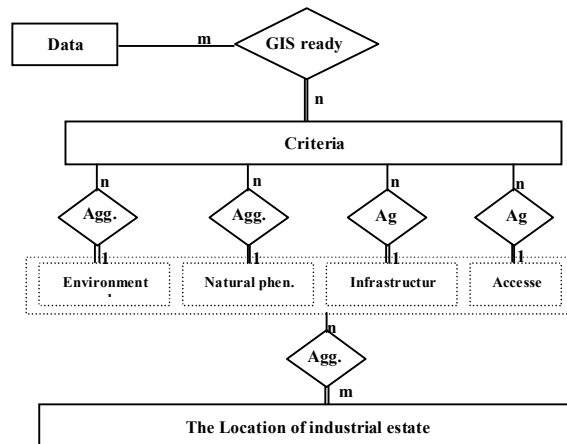
در این جا عنوان این نکته ضروری است که لایه های آورده شده در جداول (۱) و (۲)، با توجه به اطلاعات موجود در نظر گرفته شده اند و ممکن است دارای کاستی ها و کمبودهایی باشند. همچنین طبقه بندی انجام شده به صورت کلاس های اصلی نشان داده شده که از اجتماع زیر کلاس ها و اشیاء به وجود آمده اند.



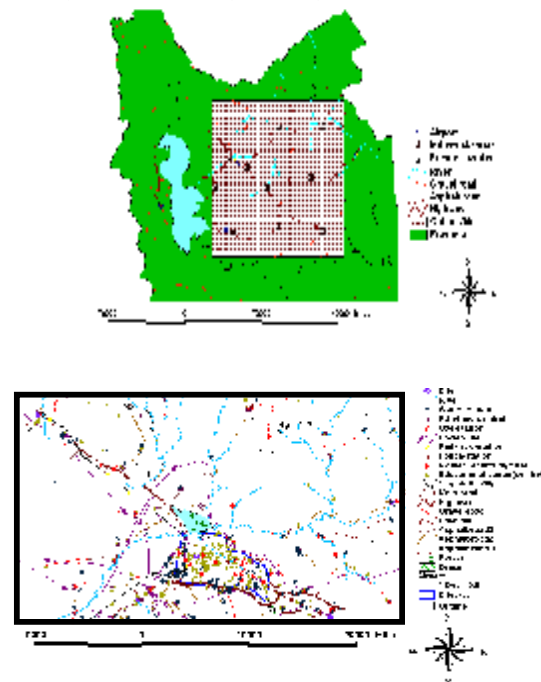
شکل ۵: نمونه ای از نقشه های فاکتور.

بعد از این مرحله از مدل های مختلف تلفیقی مشروح در بخش ۲، برای تلفیق لایه های آماده سازی شده استفاده و در محیط MIMGIS پیاده سازی و اجرا می شوند. نکته قابل توجه در اجرای مدل فازی گاما محاسبه مقدار γ است. برای این منظور بایستی به ازای هر گامای ورودی نقشه خروجی را تولید نموده و میزان وابستگی آن

اولیه در استان آذربایجان شرقی که در آن ۱۰ شهرک صنعتی تحت عنوان شهید سلیمی، اهر، سراب، میانه، مراغه، بستان آباد، هشترود، سعید آباد، شهید رجایی و مشکین شهر موجود هستند، در نظر گرفته شد (شکل ۴).



شکل ۳: مدل مفهومی مکان یابی شهرک های صنعتی.



شکل ۴: محدوده مطالعاتی پی جویی اولیه و نیمه تفصیلی.

پس از آن عملیات لازم جهت آماده سازی فاکتورهای مؤثر در کاربرد مورد نظر (مانند دسترسی ها، امکانات زیر بنایی، زیست محیطی و مؤلفه های طبیعی) با استفاده از فرایندهایی مانند، پالایش، ویرایش، تبدیل، طبقه بندی و تعیین ارزش های وزنی انجام می شود (شکل ۵). لازم به ذکر است که جهت تعیین وزن معیارها و عوارض موجود

$$F(x_i, y_i) - F(x_j, y_j) \leq 0.1 \quad (15)$$

سپس تعداد ۱۰ بار تکرار (به تعداد کرموزم‌های موجود در جمعیت اولیه) به عنوان شرط پایان عملیات تجزیه و تحلیل تابع مدل منظور شد، اما مدل بعد از پنج بار تکرار همگرا گردید. بنابراین مقدار ۱۰ بار تکرار بیشتر از حد لازم تعیین شده بود و تأثیری در کارایی مدل نداشت.

با توجه به این موضوع در مرحله دوم تعداد پنج بار تکرار جهت ارزیابی زمانی الگوریتم تعیین و مدل بر اساس آن اجرا شد.

در مدل وزن‌های نشانگر مطابق با توضیحات بخش فاکتورها، با محاسبه مقدار احتمال متأخر در هر واحد پیکسلی با یکدیگر تلفیق می‌شوند. مسئله حائز اهمیت در این روش محاسبه محدوده تأثیر بهینه فاکتورهای مورد نظر است. این محدوده با محاسبه مقدار مغایرت و در نظر گرفتن نظرات کارشناسی در این مورد، تعیین شده است. بدین ترتیب که شعاعی از محدوده با بیشترین مقدار مغایرت شعاع مطلوب است.

ارزیابی مدل‌های مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی

در این بخش عملکرد مدل‌های مذکور در بخش قبل مورد ارزیابی قرار گرفته و مدل بهینه پیشنهاد می‌شود. سپس بر اساس مدل انتخاب شده ناحیه مناسب برای محدوده مطالعاتی مورد نظر معین می‌گردد. مدل‌های تلفیقی را از دو روش کارایی تابعی و دقت نتایج خروجی می‌توان ارزیابی نمود. کارایی تابعی مدل، به نحوه عملکرد الگوریتم اجرا کننده آن بستگی دارد. با توجه به حجم بالای داده‌های ورودی، تحت شبکه بودن GIS پایه و نیاز کاربران به اجرای سریع مدل‌ها، مدت زمان انجام تجزیه و تحلیل توسط برنامه‌ها جهت تهیه خروجی مناسب، به عنوان مشخص کننده کارایی تابعی مدل‌ها در نظر گرفته می‌شود. بنابراین برای ارزیابی کارایی تابعی مدل‌ها، برنامه‌ها بر روی فاکتورهای ورودی اجرا شده و مدت زمان انجام عملیات تجزیه و تحلیل در هر مدل با استفاده از مشاهدات متعدد، اندازه‌گیری گردید که نتایج حاصله به شرح ذیل می‌باشند (جدول ۳).

با لایه مکان‌های شهرک‌های صنعتی موجود محاسبه نمود. بدین ترتیب با مقایسه میزان وابستگی‌های موجود در حد فاصل صفر تا یک، گامای مناسب تعیین می‌شود که در این تحقیق $\gamma = 0.75$ به عنوان مقدار مطلوب تعیین شد.

جدول ۱: وزن دهی عوارض در مرحله پی‌جویی اولیه با روش AHP.

| Class | Criteria | Weights | Class | Criteria | Weights | |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|---------|------|
| Accesses Weight=0.28 | Main Road | 0.13 | Environmental Weight=0.20 | Forest | 0.65 | |
| | Asphalt Road | 0.11 | | Grass & Orchard | 0.35 | |
| | | | | Slope | 0.70 | |
| | Graveled Road | 0.09 | | Urban Weight=0.20 | River | 0.30 |
| | Railway | 0.15 | | | City | |
| | Commercial Center | 0.13 | | | | |
| | Province Center | 0.10 | | | | |
| | Airport | 0.16 | | | | |
| | Infrastructures Weight=0.25 | Power station | 0.35 | Water Weight=0.20 | | |
| | | Water reservoir | 0.40 | | | |
| Gas & Oil station | | 0.25 | | | | |

جدول ۲: وزن دهی عوارض در مرحله نیمه‌تفصیلی با روش AHP.

| Class | Criteria | Weights | Class | Criteria | Weights | |
|-------------------------|------------------|---------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------|
| Accesses Weight=0.27 | Main Road | 0.10 | Environmental Weight=0.20 | Forest | 0.30 | |
| | Asphalt Road | 0.09 | | Green area | 0.20 | |
| | Graveled Road | 0.07 | | Urban residential | 0.45 | |
| | | | | Slope | 0.45 | |
| | Railway | 0.12 | | Natural Phenomenon Weight=0.24 | River | 0.20 |
| | City | 0.09 | Wind Direction | | 0.35 | |
| | Education Center | 0.07 | Infrastructures Weight=0.29 | | Power line | 0.35 |
| | Medical Center | 0.07 | | | Water reservoir | 0.25 |
| | Airport | 0.13 | | | Post office | 0.25 |
| | Police station | 0.06 | | Gas & Oil station | 0.25 | |
| Rail station | 0.10 | | | | | |
| Rural | 0.10 | | | | | |

در الگوریتم ژنتیک تابع تطابق به صورت ذیل تعریف شده است که در آن مقدار 0.1 به صورت سعی و خطا به دست آمده است، $F(x_i, y_i)$ مقدار مناسب پیکسل‌ها جهت مکانیابی در جمعیت و $F(x_j, y_j)$ مقدار مناسب پیکسل‌ها جهت مکان‌یابی در پیکسل‌های موجود از قبل می‌باشد.

جدول ۳: ارزیابی کارائی تابعی مدل‌ها در مرحله پی‌جویی اولیه.

| Model | Execution Time (Sec) | Model | Execution Time (Sec) |
|---------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| Index overlay | 18 | Genetic | 45.46 |
| Fuzzy SUM | 28.84 | Weighted Evidence | 39.67 |
| Fuzzy Gamma | 29.87 | | |

جدول ۴: ارزیابی نقشه‌های مطلوبیت خروجی در مرحله پی‌جویی اولیه.

| Experts Estimation | | Index overlay | | Fuzzy Sum | |
|--------------------|--------|---------------|------|-----------|------|
| Estates name | Status | Status | Test | Status | Test |
| Shahid Rajaei | A | A | + | A | + |
| Shahid Salimi | B | B | + | A | - |
| Sarab | D | D | + | D | + |
| Mianeh | C | B | - | D | - |
| Maragheh | C | B | - | A | - |
| Bostan Abad | B | B | + | A | - |
| Hashtrood | C | B | - | B | - |
| Saeed Abad | B | B | + | B | + |
| Correct tests | | | 5 | 3 | |

| Fuzzy Gamma | | Genetic | | Weighted Evidence | |
|-------------|------|---------|------|-------------------|------|
| Status | Test | Status | Test | Status | Test |
| A | + | B | - | B | - |
| B | + | C | - | B | + |
| D | + | C | - | C | - |
| B | - | B | - | D | - |
| B | - | A | - | C | + |
| B | + | B | + | C | - |
| B | - | C | + | D | - |
| B | + | A | - | B | + |
| 5 | | 2 | | 3 | |

پیچیده‌تر بودن عملگر گاما نسبت به جمع می‌باشد. مدل ژنتیک به علت وابستگی به ورودی‌ها و انجام عملیات پردازش به صورت مکرر از نظر زمانی، عملکرد خوبی ندارد. مدل وزن‌های نشانگر نیز به علت وابستگی به داده‌های ورودی و همچنین پیچیده و غیرخطی بودن تابع آن، دارای مدت زمان اجرای بیشتری نسبت به مدل‌های فازی است.

بعد از بررسی عملکرد زمانی مدل‌ها، دقت نتایج خروجی مدل‌ها نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. برای ارزیابی نتایج خروجی باید یک معیار کنترل‌کننده وجود داشته باشد. معیار کنترل‌کننده در این تحقیق عملکرد شهرک‌های صنعتی موجود از لحاظ مکان‌یابی در نظر گرفته شده است. بدین نحو که با اعمال نظر کارشناسان بازدیدکننده از شهرک‌های صنعتی احداث شده در محدوده مورد مطالعه، وضعیت هر شهرک از لحاظ مکان‌یابی انجام شده در شرکت شهرک‌های صنعتی به صورت خیلی خوب، خوب، متوسط و ضعیف تعیین گردید. سپس نقشه خروجی هر یک از مدل‌ها به صورت چهار کلاس A (خیلی خوب در بازه ۰/۷ تا ۱)، B (خوب در بازه ۰/۵ تا ۰/۷)، C (متوسط در بازه ۰/۳ تا ۰/۵) و D (ضعیف در بازه ۰ تا ۰/۳) طبقه‌بندی گردید (جدول ۴). در این تحقیق شهرک‌های صنعتی شهید رجایی، شهید سلیمی، سراب، میانه، مراغه، بستان آباد، هشتروند و سعیدآباد به عنوان معیارهای کنترل می‌باشند.

با توجه به جدول (۴)، مدل همپوشانی شاخص با تعداد پنج ارزیابی صحیح، نتایج دقیق تری را در خروجی ارائه می‌دهد. این موضوع نشان می‌دهد که تأثیر فاکتورهای مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی بر یکدیگر جهت تعیین مکان یک تأثیر تقریباً خطی است. در این ارزیابی مدل ژنتیک دارای عملکرد مناسبی نمی‌باشد که احتمالاً در این مدل تأثیر فاکتورها بر یکدیگر در حوزه جمعیتی انتخاب شده یک تأثیر منطبق با واقعیت نیست.

از نظر کیفی با مقایسه وضعیت خروجی مدل‌ها و وضعیت برآورد شده کارشناسی، مشخص می‌گردد:

- نتایج مدل همپوشانی شاخص نسبت به مدل‌های دیگر منطقی‌تر است.

- مدل جمع فازی گرایش بیشتری به ارزیابی خیلی خوب دارد، بنابراین یک مدل خوش‌بین است.

همان‌طور که در جدول (۳) نشان داده شده است پمدل همپوشانی شاخص سریع‌تر از مدل‌های دیگر اجرا می‌شود. علت این امر ساختار خطی مدل و انجام عملیات محاسباتی کمتر در مدل همپوشانی شاخص است. مدل‌های فازی به دلیل این که هر واحد پیکسلی ورودی آنها، حاوی ارزش کلاس‌ها و فاکتورها به صورت توأم است و همچنین به صورت نیمه‌خطی بر روی هر یک از فاکتورها اعمال می‌شوند، نسبت به مدل همپوشانی شاخص دارای مدت زمان اجرای بیشتری هستند. اختلاف مدت زمان اجرا در مدل جمع فازی و فازی گاما به دلیل

مدل‌های دیگر در جداول زمانی مشخص می‌گردد که این مدل با پیچیده‌تر شدن فاکتورها و قید و شرط‌های ورودی در مرحله نیمه‌تفصیلی، عملکرد بهتری را ارائه می‌دهد. با توجه موجود بودن تنها یک شهرک صنعتی (شهید رجایی) در محدوده مطالعاتی، دقت خروجی معیار خوبی جهت ارزیابی نیست. بنابراین در انتخاب مدل، کارایی تابعی مورد توجه قرار گرفته است. برای ارزیابی دقت خروجی، نقشه خروجی هر مدل با استفاده از دانش کارشناسی و تجربیات در چهار کلاس A (خیلی خوب در بازه ۰/۷ تا ۱)، B (خوب در بازه ۰/۵ تا ۰/۷)، C (متوسط در بازه ۰/۳ تا ۰/۵) و D (ضعیف ۰ تا ۰/۳) طبقه‌بندی گردید. نتایج ارزیابی مدل‌ها در جدول (۷) ارائه شده است، بدین نحو که ارزیابی درست به صورت + و ارزیابی غلط با کاراکتر- تعریف می‌شود.

جدول ۷: ارزیابی مدل‌ها از نظر دقت نتایج خروجی در مرحله نیمه‌تفصیلی.

| Experts Estimation | | Index overlay | | Fuzzy Sum | |
|--------------------|--------|---------------|------|-----------|------|
| Estates name | Status | Status | Test | Status | Test |
| Shahid Rajae | A | A | + | A | + |

| Experts Estimation | | Fuzzy Gamma | | Genetic | |
|--------------------|--------|-------------|------|---------|------|
| Estates name | Status | Status | Test | Status | Test |
| Shahid Rajae | A | B | - | B | - |

در جدول (۷)، شهرک صنعتی شهید رجایی توسط مدل‌های همپوشانی شاخص و جمع فازی درست ارزیابی شده است. نکته قابل توجه این است که در روش جمع فازی به علت کوچک شدن بازه مقادیر واحدهای پیکسلی در نقشه خروجی، طبقه‌بندی آن کار مشکلی است. با در نظر گرفتن نتایج ارزیابی کارایی تابعی و دقت خروجی، مدل همپوشانی شاخص به عنوان مدل مناسب جهت مکان‌یابی در مرحله نیمه‌تفصیلی پیشنهاد می‌شود.

نتایج

با توجه به ویژگی‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی مانند قابلیت کار با حجم عظیم اطلاعات مکانی و توصیفی، ارائه خروجی مناسب، امکان استفاده از توابع تجزیه و تحلیلی متنوع جهت کاربردهای مختلف، اتوماسیون نمودن

- مدل‌های فازی گاما و وزن‌های نشانگر با گرایشات متوسط و ضعیف مدل‌های بدبینی هستند.

- نتایج ارزیابی مدل ژنتیک به صورت تصادفی و غیر واقعی به نظر می‌رسد.

- نتایج ارزیابی کارایی تابعی و دقت خروجی نشان می‌دهد که مدل همپوشانی شاخص جهت تعیین مکان در مرحله پی‌جویی اولیه، دارای عملکرد بهتری است.

با توجه به جدول (۵) باز هم مدل همپوشانی شاخص به دلیل عملکرد خطی نسبت به مدل‌های دیگر دارای عملکرد زمانی بهتری می‌باشد. مدل فازی به دلیل ماهیت غیرخطی و مدل ژنتیک به دلیل وابستگی به فاکتورهای ورودی در هر مرحله از تکرار، کندتر از مدل همپوشانی شاخص اجرا می‌شوند. مدل فازی گاما به دلیل انجام عملیات محاسباتی بیشتر توسط عملگر آن نسبت به مدل جمع فازی، زمان‌برتر می‌باشد. مدل ژنتیک به علت تأثیرگذاری بیشتر فاکتورهای ورودی عملیات مکان‌یابی در خروجی و همچنین همگرایی سریع مدل (بعد از سه بار تکرار)، با سرعت بیشتری نسبت به مدل‌های فازی اجرا می‌گردد.

با مقایسه جدول (۳) و (۵) و محاسبه نسبت مدت زمان اجرایی (جدول ۶)، مشخص می‌شود که مدت زمان اجرایی در مرحله نیمه‌تفصیلی نسبت به مرحله پی‌جویی اولیه افزایش یافته است. علت این امر افزایش حجم اطلاعات ذخیره شده با توجه به بزرگتر شدن مقیاس و تراکم عوارض می‌باشد.

جدول ۵: ارزیابی کارایی تابعی مدل‌ها در مرحله نیمه‌تفصیلی.

| Model | Execution Time (Sec) | Model | Execution Time (Sec) |
|---------------|----------------------|-------------|----------------------|
| Index overlay | 36.33 | Fuzzy Gamma | 196.64 |
| Fuzzy SUM | 194.39 | Genetic | 128.61 |

جدول ۶: ارزیابی نسبت مدت زمان اجرایی مدل‌ها در مرحله نیمه‌تفصیلی.

| Model | Execution Time Ratio (Sec) | Model | Execution Time Ratio (Sec) |
|---------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| Index overlay | 2.02 | Fuzzy Gamma | 6.58 |
| Fuzzy SUM | 6.74 | Genetic | 2.83 |

همچنین با مقایسه عملکرد مدل ژنتیک نسبت به

با بررسی نحوه عملکرد توابع مورد استفاده در مدل‌های تلفیقی، مدل‌های همپوشانی شاخص، جمع فازی، فازی گاما و ژنتیک به عنوان مدل‌های مورد نظر جهت ارزیابی و مقایسه در مرحله پی‌جویی اولیه و نیمه‌تفصیلی انتخاب شدند. برای ارزیابی مدل‌ها از دو پارامتر کارائی تابعی (با انجام مشاهدات زمانی) و میزان دقت خروجی (با مقایسه خروجی و معیار نحوه عملکرد مکان‌های موجود) استفاده گردید که نتیجه ارزیابی‌ها نشان داد که در هر دو مرحله پی‌جویی اولیه و نیمه‌تفصیلی مدل همپوشانی شاخص عملکرد بهینه‌تری نسبت به دیگر مدل‌ها دارد. در مرحله نیمه‌تفصیلی مدل‌های همپوشانی شاخص، جمع فازی، فازی گاما و ژنتیک به جهت تحلیل جزئیات بیشتر در فاکتورها، نسبت به پی‌جویی اولیه کندتر اجرا می‌شوند.

عملیات، تسریع نمودن کارها و امکان تصمیم‌گیری بهینه، به کارگیری و استفاده از این علم و فن‌آوری نوین در سازمان‌ها و تشکیلات مختلف با اهداف و کاربردهای گوناگون گسترش یافته است. یکی از اهداف مطلوب در به کارگیری این تکنولوژی، انتخاب مکان مناسب بر روی زمین با در نظر گرفتن ضوابط و شرایط مشخص، جهت تصمیم‌گیری بهینه می‌باشد. این هدف در کاربردها و زمینه‌های مختلفی مانند کشاورزی، مدیریت منابع، محیط زیست، آمایش سرزمین، کنترل فرسایش و... مطرح می‌شود. لذا در این تحقیق فرایند طراحی و اجرای GIS کاربردی جهت مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با در نظر گرفتن دیدگاه‌های صنعت و مسائل مربوط به آمایش سرزمین در دو مرحله اصلی پی‌جویی اولیه و نیمه‌تفصیلی انجام گرفت.

مراجع

- 1 - Forslid, R., Haaland, J. I. and Midelfart, K. H. (2002). "A U-shaped Europe? A simulation study of industrial location." *Journal of International Economics*, Vol. 57, PP. 273-97.
- 2 - Pooladdezh, M. (1997). *Industrial projects site selection and efficiency*. 5th Ed. Perag Pub., Tehran, Iran.
- 3 - Chiu, ASF and Yong, G. (2004). "On the industrial ecology potential in Asian Developing Countries." *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, PP. 1037-1045.
- 4 - Mirata M. and 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, PP. 993-1002.
- 5 - Densham, P. J. and Rushton, G. (1988). "Decision support systems for locational planning." R. G. Golledge, and H. Timmermans (Eds.), *Behavioural Modelling in Geography and Planning*, London, England, PP. 56-90.
- 6 - Witlox, F. and Timmermans, H. J. P. (2000). "Matisse: a knowledge-based system for industrial site selection and evaluation." *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 24, No. 1, PP. 23-43.
- 7 - Jaszkiwicz, A. (2002). "Genetic local search for multi-objective combinatorial optimization." *European Journal of Operational Research*, Vol. 137, PP. 50-71.
- 8 - Brookes, C. J. (2001). "A genetic algorithm for designing optimal patch configurations in GIS." *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 15, No. 6, PP. 539-559.
- 9 - Sial, R. A., Chaudhary, M. F., Abbas, S. T., Latif, M. I. and Khan, A. G. (2006). "Quality of effluents from Hattar Industrial Estate." *Springer, Journal of Zhejiang University - Science B*, PP. 933-1014.
- 10 - Nidumolu, U. B., deBie, C., vanKeulen, H, Skidmore, A. K. and Harmsen, K. (2006). "Review of a land use planning programme through the soft systems methodology." *Land use Policy*, Vol. 23, PP.187-203.
- 11 - Fernandez, I. and Ruiz, M. C. (2009). "Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas." *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, PP. 87-100.
- 12 - Smith, D. M. (1971). *Industrial location: an economic geographical analysis*. 1st Ed. John Wiley & Sons, New York.

- 13 - Kapur, A. and Graedel, T. E. (2004). "Industrial ecology." *Encyclopedia of Energy*, Vol. 3, PP. 373–382.
- 14 - Bonham-Carter, G. F. (1994). *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. 1st Ed. Pergamon Press, Oxford, UK.
- 15 - Eastman, J. R. (1997). *IDRISI for Windows Version 2.0*. Tutorial Exercises. 1st Ed. Clark University Pub., Worcester.
- 16 - Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. 1st Ed., John Wiley & Sons, New York.
- 17 - Makropoulos, C., Butler, D. and Maksimovic, C. (1999). "GIS supported evaluation of source control applicability in urban areas." *Water Science and Technology*, Vol. 32, No. 9, PP. 243-252.
- 18 - Hansen, H. S. (2003). "A Fuzzy Logic Approach to Urban Land-use Mapping." *Proc., Scan-GIS 2003*, Helsinki, Denmark, PP. 1-10.
- 19 - Ghazanfari, M. (2006). *Introduction of fuzzy sets theory*. 1st Ed. Science and industry university Pub., Tehran, Iran.
- 20 - Zadeh, L. (1965). "Fuzzy Sets." *Information and Control*, Vol. 50, PP. 856 – 865.
- 21 - Menhaj, M. B. (2007). *Fuzzy computing*. 1st Ed. Amirkabir Pub., Tehran, Iran.
- 22 - Zimmermann, H. J. (2001). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. 4th Ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London.
- 23 - Fisher, P. F. (1989). "Knowledge-based Approaches to Determining and Correcting Areas of Unreliability in Geographic Databases." *Goodchild, M., Gopal, S.: The Accuracy of Spatial Databases (45-54)*, Taylor & Francis, London, PP. 45-54.
- 24 - Aerts, JCJH. (2002). *Spatial decision support for resource allocation*. PhD thesis, University of Amsterdam.
- 25 - Leardi, R. (2009). "Genetic algorithms." *Comprehensive Chemometrics*, PP. 631-653.
- 26 - Wanga, M. J. and Chang, T. C. (1995). "Tool steel materials selection under fuzzy environment." *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 72, No. 3, PP. 263–270.
- 27 - K.N.Toosi University (2002). *The instruction of designing a basic GIS for industrial and mine ministry*. 1st Ed. K.N.Toosi Pub., Tehran, Iran.
- 28 - Demers, M. D. (1992). *Fundamental of Geographic Information System*. 1st Ed. John Wiley & Sons Pub., Chapter 16, PP. 389-401.
- 29 - Saaty, T. (1977). "A scaling method for priorities in hierarchical structures." *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 15, PP. 234–81.