فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
بهار ۱۴۰۴ سال بیستم/ شماره ۷۱ /

تحلیل و مکان‌یابی شهرک صنعتی شهرستان البرز قزوین با استفاده از مدل‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و الکتره

احمدعلی اوموئی میلان (نویسنده مسئول)
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مدیریت و حسابداری، قزوین، ایران
E-mail: Ahmadmilan13631206@gmail.com
رئوف امامی رازلیقی
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مدیریت و حسابداری، قزوین، ایران
علیرضا ایرج پور
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مدیریت و حسابداری، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۹ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۱/۳۱

چکیده
مکان‌یابی مناسب برای استقرار صنایع یکی از ضروریات توسعه صنایع به شمار می‌رود، بنابراین اهمیت‌دادن به موضوع مکان‌یابی و ارزیابی شهرک‌های صنعتی و زون‌بندی صنایع جزء اولویت‌ها است. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل و مکان‌یابی شهرک صنعتی البرز قزوین با استفاده از روش‌های ترکیبی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و الکتره است. نوع پژوهش کاربردی و روش پژوهش توصیفی – تحلیلی بود و برای جمع‌آوری داده‌ها از مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و روش دلفی استفاده شده است. به‌طوری‌که بعد از انتخاب معیارهای اولیه، در چهار گروه طبقه‌بندی شدند. سپس سؤالات و پرسش‌نامه تدوین گردید. از ۲۰ نفر از کارشناسان و متخصصان نظرخواهی به عمل آمد. به‌این‌ترتیب داده‌ها جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفتند. برای تلفیق معیارها و زیرمعیارها به‌منظور شناسایی و تعیین وزن آنها از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط نرم‌افزار Expert Choice استفاده گردید. در گام بعدی با اعمال وزن‌های حاصل از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط GIS به پهنه گذاری اراضی شهرستان البرز قزوین اقدام گردید. سپس پهنه‌های کاملاً مناسب بالای ۵۰ هکتار انتخاب و با استفاده از مدل الکتره باتوجه‌به ۱۶ معیار مهم دخیل در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی، ارزیابی و رتبه‌بندی گردید و مناسب‌ترین مکان‌ها در راستای ارزیابی مکان فعلی شهرک صنعتی شهرستان البرز قزوین مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج حاصل از قیاس پهنه‌های انتخاب شده برای استقرار شهرک صنعتی با مکان فعلی آن، نشان داد مکان فعلی شهرک صنعتی در شهرستان البرز قزوین با اصول و ضوابط مکان‌یابی مطابقت دارد. از ویژگی‌های مکان پیشنهادی برای احداث شهرک صنعتی در شهرستان البرز، این منطقه با مساحت ۱۴۰۰ هکتار در ارتفاع ۱۳۰۴ متری از سطح دریاهای آزاد و در زمین‌هایی با شیب ۲درصد قرار دارد. لازم به ذکر است که به دلیل وجود میکرو گسل‌های زیاد در استان قزوین، مکان پیشنهادی در فاصله ۱۹۰۰۰ متری از گسل‌های موجود و در نزدیکی زمین‌های کشاورزی، باغات و از نظر سنگ‌شناسی در زمین‌های مقاوم قرار گرفته است.

کلیدواژه: الکتره، تحلیل فضایی، شهرستان البرز قزوین، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، مکان‌یابی شهرک صنعتی

۱- مقدمه

تحلیل فضائی عمدتاً شامل استفاده از روش‌ها و فرایند کمی در تحلیل آرایشی فضای پدیده‌ها یا پراکندگی‌ها است (Alijani, 2015). تحلیل فضایی را می‌توان کاربرد روش‌های کمی در مطالعهٔ دقیق و عمیق الگوی نقطه‌ای، خطی و مساحتی بر روی نقشه بیان کرد (Hedgestrad, 1973)، (qtd. Alijani, 2015)

در این راستا مکان‌یابی، فرایند یافتی سایت‌های مناسب برای استقرار یک پروژه، بسته به معیارهای محیطی و اجتماعی – اقتصادی آن منطقه است (Taibi & Atmani, 2017). مکان‌یابی صنایع نیز یکی از تصمیمات کلیدی در فرایند شروع، گسترش یا تغییر محل همه سیستم‌های صنعتی است، یکی از اهداف اصلی مکان‌یابی صنایع، پیداکردن مناسب‌ترین مکان طبق معیارهای انتخابی است (Rikalovic et al., 2015). مکان‌یابی مناطق صنعتی با در نظرگرفتن تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، عاملی کلیدی در برنامه‌ریزی منطقه است. مکان مناسب برای استقرار صنعت می‌بایست جهت هماهنگی فواید اقتصادی با مسائل زیست‌محیطی، دامنه وسیعی از معیارها را مدنظر داشته باشد. از دیدگاه برنامه‌ریزان توسعه منطقه‌ای، شهرک‌های صنعتی منجر به اشتغال‌زایی، جلوگیری از مهاجرت افراد منطقه، متوازن نمودن سیاست‌های توسعه (Motiei Langroodi, 2001).

حمایت از رشد سریع صنایع، جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی و کاهش سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد زیرساخت‌های تولید است (Abasinejad & Abdoli, 2007, 64) . ازآنجاکه مکان‌یابی نیاز به اطلاعات زیادی دارد حجم بزرگی از اطلاعات جزئی برای معرفی مکان‌های مختلف باید جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی از عواملی که ممکن است در انتخاب تأثیر داشته باشند صورت پذیرد. در این زمینه، سیستم اطلاعات جغرافیایی[1](GIS) به‌عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و به‌کارگیری لایه‌های اطلاعاتی مختلف در مرحله مکان‌یابی و همچنین ارزیابی وضعیت موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد (Shushtari et al., 2020; Ghanbaran et al., 2016).

مدل‌ها و الگوریتم‌های مختلفی برای انجام مکان‌یابی توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته است که یکی از مدل‌های رایج، تحلیل سلسله‌مراتبی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است. این روش از طریق میانگین هندسی وزن‌ها عمل می‌نماید، به‌طوری‌که نرم‌افزار بعد از وارد نمودن وزن‌ها از طریق معادلات ریاضی حاکم بر این روش، نتیجهٔ نهایی یا وزن نهایی را برای هر یک از گزینه‌ها به‌صورت ضریب وزن معیارها بر وزن گزینه در آن معیار، وزن نرمالی به دست می‌دهد که این وزن جهت رتبه‌بندی نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به‌صورت تئوری و عملی در موقعیت‌های مختلف تصمیم‌گیری که شامل تصمیم‌گیری‌های مکانی نیز است امتحان شده است (Malczewski, 1999).

مدل الکتره نیز یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه برتر است که گزینه‌ها را بر اساس بازه‌های از پیش تعیین شده، طبقه‌بندی می‌کند. رشد صنعت به طور مجتمع، منطقه، ناحیه یا شهرک صنعتی پدیده‌ای است که از لحاظ اهمیت، از آغاز قرن بیستم میلادی در توسعه صنعتی کشورهای جهان و بهره‌گیری از امکانات و قابلیت‌های هر منطقه به آن توجه شده است (Abbas Erdaghan et al., 1400) و شهرک‌های صنعتی در کشور ایران و سایر کشورها در راستای نیل به هدف صنعتی‌شدن به وجود آمده‌اند، تا از تمرکز آثار مخرب صنعت در محیط انسانی جلوگیری به عمل آید. اولین اشکال وارده به شهرک‌های صنعتی ایران عدم مطالعه دقیق امکان‌سنجی و مکان‌یابی این شهرک‌ها است. برای تأسیس یک صنعت یا مجموعه صنعتی مسلماً اولین مرحله مکان‌یابی آن است. در حال حاضر یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در کشور استقرار نامناسب و نامتوازن فعالیت‌های صنعتی در میان سایر کاربری‌ها است که این امر ضمن ایجاد مزاحت برای کاربری‌های هم‌جوار، موجب بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی در شهرهای مختلف کشو شده است. در این راستا شناخت اراضی مناسب برای احداث شهرک صنعتی و توجه به خصوصیات جغرافیایی و زمین‌شناسی و امکان دسترسی به راه‌های زمینی و هوایی و غیره ضروری است (Jaffari, 2011).

با توجه به اهمیت شهرک‌های صنعتی استان قزوین و گامی که در مسیر توسعه بر می‌دارند و اهمیت ویژه شهرستان البرز و قرار گرفتن اولین شهرک صنعتی ایران که پتانسیل‌های توسعه صنعتی و تبدیل شدن به قطب صنعتی را دارا است و همچنین با توجه

[1] Geographic Information System

به موقعیت مهم این منطقه که در جوار استان تهران و راه ارتباطی بیش از ۷ استان کشور واقع شده و از سوی دیگر هم‌جواری با زمین‌های حاصلخیز و باغات قرار دارد، لزوم تحلیل فضایی و مکان‌یابی سایت‌های صنعتی را در این منطقه یادآوری می‌نماید. از این رو، در این مطالعه سعی شده است تحلیل فضایی و مکان‌یابی شهرک صنعتی شهرستان البرز با استفاده از مدل‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و الکتره انجام شود و معین گردد آیا مکان فعلی شهرک صنعتی با اصول و ضوابط مکان‌یابی تطابق دارد؟ در صورت عدم تطابق، مناسب‌ترین محل شناسایی شده و شاخص‌های اثرگذار در انتخاب پهنه‌های مناسب در امر مکان‌یابی محل شهرک صنعتی شهرستان البرز قزوین مشخص شوند. چرا که عدم مطالعه دقیق به‌منظور امکان‌سنجی و مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی باعث شده که این شهرک‌ها در مناطقی ایجاد شوند که نتوانند به اهداف خود برسند و یا علت تعطیلی کارخانه‌ها قبلی در این شهرک‌ها با عدم مطالعه دقیق مکان‌یابی سنخیت دارد یا خیر.

الف) مبانی نظری پژوهش

تعاریف متعددی برای شهرک صنعتی ارائه شده است؛ اما طبق تعریف سازمان توسعه صنعتی UNIDO [۲] (سازمان ملل متحد) شهرک صنعتی زمینی است دارای محدوده و مساحت معین که طبق ضوابط و مقررات مکان‌یابی صنعتی و بر اساس راهبردهای توسعه شهرک‌های صنعتی هر کشور انتخاب می‌شود، تأسیسات زیر بنایی و فعالیت‌های توسعه خدماتی مورد نیاز با توجه به نوع فعالیت صنعتی در آن ایجاد می‌شود که در جریان آماده شدن زمین شهرک یا پس از آن، به متقاضیان ایجاد واحدهای صنعتی واگذار می‌گردد. برای شهرک‌های صنعتی طبقه‌بندی‌های مختلف وجود دارد؛ اما در بسیاری از کشورها، شهرک‌های صنعتی بر اساس ویژگی‌های عملکردی که دارند و طبقه‌بندی شده‌اند که انواع مختلفی را در بر می‌گیرد (Rezaei & Khavarian, 2012).

شایان ذکر است، توسعه صنعتی و تجهیز شهرک‌های صنعتی برای افزایش توان تولیدی و صادراتی کشور، سیاست‌های منطقی و منطبق با توانایی‌ها و امکانات واقعی مناطق مختلف کشور را می‌طلبد تا ضمن تقویت زیربناها در این بخش، وضع کنونی صنعت به‌عنوان بخش تولید کننده کالاهای جایگزین واردات و درون‌نگر به بخشی برون‌گر و صادرت گرا تغییر جهت یابد، این امر نیاز به مطالعه‌ای دقیق و نوین دارد تا بر اساس آن مزیت‌های نسبی فعالیت‌های صنعتی مناطق مختلف شناسایی و سرمایه‌گذاری‌ها به منظور گسترش آن‌ها هدایت شود (Akhavan and Nazari, 2007).

عوامل مؤثر بر مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با توجه به شاخص‌های توسعه پایدار به پنج گروه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. عوامل اجتماعی: این عوامل نمایانگر اثر فاکتورهای اجتماعی زیر بر مکان‌یابی شهرک های صنعتی می‌باشد و شامل سه زیر معیار بومی‌شناسی، ساختار آموزشی و اشتغال است.

۲. عوامل اقتصادی: نمایانگر اثر فاکتورهای اقتصادی بر مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی است و در بردارنده سه زیر معیار هزینه‌ها، دسترسی به بازار و نزدیکی با دیگر صنایع می‌باشد.

۳. عوامل زیست محیطی: از جمله معیارهای زیست محیطی می‌توان به مدیریت به مدیریت محیط، آلودگی، اقلیم، توپوگرافی و فاصله از مناطق حفاظت شده اشاره کرد.

۴. عوامل زیربنایی: شامل معیارهای مجاورت با شبکه‌های حمل و نقل، دسترسی به انرژی، آب، دسترسی به بازیافت، مجاورت با مکان‌های دفع زباله و وجود خدمات است.

۵. عوامل برنامه‌ریزی: معیارهای وجود طرح‌های توسعه منطقه‌ای، وجود طرح‌های توسعه صنعتی و وجود طرح‌های طبقه‌بندی اراضی از معیارهای عوامل برنامه ریزی محسوب می‌شوند (Nasrollahi and Salehi, 2012).

بسیاری از نظریه‌های سنتی مکان‌گزینی صنایع از تئوری اقتصاد نئوکلاسیک تأثیر پذیرفته است و چون اصولاً سیستم‌های فضایی سیستم‌های بسته‌ای نیستند، تئوری‌های مکان‌گزینی صنایع نیز نمی‌توانند به‌صورت جداگانه مورد مطالعه واقع شوند. همچنین به دلیل اینکه اغلب تئوری‌های مکان‌گزینی صنعتی ارتباط نزدیکی با مقاله اقتصاد دارند؛ ولی اصول آن از نظریه اقتصاد نئوکلاسیک نشئت گرفته، لذا در ایدئولوژی و رویکرد آن شریک هستند (Massey, 1979).

[2] The United Nations Industrial Development Organization

مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی مبتنی بر ویژگی‌های توسعه پایدار یکی از مؤثرترین اقدامات برای دست‌یابی به بوم‌شناسی صنعتی و پس از آن توسعه پایدار شهری به شمار می‌رود (Gibbs & Dintz, 2007). همچنین مشابه این امر نظریه‌های گوناگون نیز در مورد نحوه استقرار صنایع و چگونگی ارتباط فی ما بین این مراکز با شهرها مورد با اهمیتی است که بـه برخـی از آنهـا اشـاره می‌شود:

۱. تئوری شافل (قدیمی ترین مدل مکان‌گزینی): نخستین تئوری مکان‌گزینی صنعتی توسط (Shuffle, 1878) نظریـه پـردار آلمانی، با تاکید بر کارکرد مدل جاذبه در مکان‌گزینی صنایع عنوان گردیده است که صنعت را در مفهوم عام مورد توجه قـرار داده و چنین اظهار داشته که موقعیت ارتباطی، دسترسی به ماده اولیه، نزدیکی به بازارهای مصـرف، دسترسـی آسـان و اقتصـادی بـه نیروی کار، برخورداری از شرایط آب و هوایی مناسب ، امکان تهیه زمین ارزان و متناسب با کاربری های صنعتی و نیز توپوگرافی و شیب زمین همگی عواملی هستند که در تعیین مکان بهینه صنعت بایستی مورد توجه قرار گیرند (Tula'i, 1991). بر اسـاس منطق و صنایع صرفاً در جوار شهرهای بزرگ و در پاسخ به عامل تقاضا و بازار استقرار می‌یابند (Rezavian, 1997).

۲. تئوری وبر (ارائه اولین نظریه جامع ۱۹۰۹): تولد تئوری مکان‌یابی صنعتی وبر به سال ۱۹۰۹ یعنی زمانی که وبر کتاب خود را منتشر کرد بر می‌گردد. وی پژوهش خود را بر صنایع کارخانه‌ای محدود کرد. در دنیای ساده وبر سه عامل بر مکان‌یابی صنعتی اثر می‌کنند، آن عوامل عبارتند از دو عامل عمومی منطقه‌ای یعنی هزینه‌های نیروی کار و حمل و نقل و عامل محلی نیروهای مجتمع یا عدم تجمع. وبر ابتدا در مدل خود حداقل کردن هزینه‌های حمل و نقل را وارد می‌کند و سپس عامل هزینه‌های نیروی کار و عامل صرفه‌های ناشی از تجمع را نیز وارد مدل می‌کند. وبر حداقل هزینه حمل و نقل را با مثلث مکان‌یابی نشان داده است. بنابراین اول وی یک نقطه مصرف (C) و دو منبع مواد اولیه (μ_1, μ_2) را در نظر می‌گیرد، مکان حداقل هزینه (P) نقطه‌ای است که کل وزن ضربدر فاصله (تن – میل، مربوط به محل مواد اولیه و محصول) حداقل شود. به عبارت دیگر هدف پیدا کردن نقطه‌ای در مثلث است که مجموع فواصل این نقطه از رئوس مثلث حداقل شود، از روش‌های مختلف می‌توان این نقطه را پیدا کرد. وبر با گسترش تحلیل خود به کل صنعت معتقد بود که هر قدر اهمیت نیروی کار برای یک صنعت مهم باشد میزان تاثیرگذاری نیروی کار ارزان در مکان‌یابی افزایش می‌یابد. وی برای اندازه‌گیری اهمیت نیروی کار از شاخص هزینه نیروی کار استفاده کرد که برای هر صنعت برابر است با متوسط هزینه نیروی کار لازم برای تولید یک واحد وزنی از محصول، هر چقدر این شاخص بالاتر باشد کار یک صنعت بهتر می‌تواند اثر نیروی کار را در مکان‌یابی نشان دهد. این نسبت برابر است با هزینه نیروی کار برای یک واحد از وزن محصول تقسیم بر کل وزن مواد اولیه و محصول حمل شده (Abbasi Omidnia et al., 2004).

۳. تئوری لوش: در سال ۱۹۴۰ آگوست لوش تئوری عمومی مکان‌یابی خود را با توجه به تقاضا و میزان درآمد تحصـیل شـده بـه عنوان عامل مهم منتشر کرد. اگوست لوش بر این عقیده بود که بین منحنی قیمت و منحنی تقاضا رابطـه وجـود دارد و همـین رابطه بیان کننده میدان عملی و پرتو افشانی بازار شهری است که می‌تواند تولیداتی را به واحدهای پایین دست خود عرضـه کنـد (Moghadam, 2012). اساس تئوری لوش، بر فاصله حمل و نقل تولیدات به بازار، تولید به مقدار زیاد، رقابت، عامـل طبیعـی (در حاصل‌خیزی زمین و ناهمواری‌ها و عوارض محدود و یا تسهیل کننده جغرافیایی) عامل اقتصادی (اختلاف در قیمت زمـین و تعرفه حمل و نقل در استقرار و مکان‌یابی مراکز). عامل انسانی (حرکت‌ها و تصمیمات فردگرایانه تولیدکنندگان و گروه‌هایی کـه در سایت قیمت‌گذاری نقش دارند) عامل سیاسی (نقش مرزهای سیاسی و سازمان‌های دولتی در طبقه‌بندی و مرکزیت واحـدها و بافت‌های اقتصادی اثری می‌گذارد)، قانون کمترین تلاش، خرید از نزدیکترین مرکز خرید و فروش (هزینه، انرژی، زمـان). لـوش راه حلی در زمینه رقابت و تعادل بین مکانی برای مجموعه‌ای از کالاهـا و چگـونگی تمرکـز انـواع مختلـف کالاهـا را در مراکـز مختلف شهری ارائه کرد. تغییرات ساختاری در محیط اقتصادی مانند پیشرفت فناوری و کشاورزی مـی‌توانـد باعـث ایجـاد یـک تجارت پر سود در سطوح مختلف به صورت سلسله مراتبی شود. بنابراین در این فرایند بازار به وسیله محصولات تجاری مطلـوبتر و در گستره ای فراگیرتر تسخیر می‌شود و سرانجام این فرآیند رقابتی به سوی تمرکزگرایی و ایجاد سلسله مراتب پیش مـی رود. در جدول (۱) متغیرهای مورد تاکید جغرافیدانان، اقتصاددانان در زمینه مکان‌یابی بنگاه‌های صنعتی ارائه شده است.

جدول شماره (۱): متغیرهای مورد تأکید جغرافی‌دانان، اقتصاددانان در زمینه مکان‌یابی بنگاه‌های صنعتی

نظریه‌پرداز	معانی و تعاریف از شهرک صنعتی	متغیرها
مشاغل	مطرح‌کردن واحدهای صنعتی	تأکید بر کارکرد مدل جاذبه در مکان‌گزینی صنایع
بارنهات	تعیین بهتر مکان‌یابی صنایع	بر اساس عامل هزینه‌های حمل‌ونقل
آلفرد وبر	تولد تئوری مکان‌یابی صنایع	به‌حداقل‌رساندن نظریه‌های حمل‌ونقل
پالاندر	مکان‌یابی صنعتی	رابط بین حمل‌ونقل و مسافت
اوکار هوور	مکان‌یابی صنعتی	قیمت و میزان دسترسی به بازار
رنر	طبقه‌بندی صنایع	بازار، نیروی کار، سرمایه و مدیریت سوخت
گرین هات	مکان‌یابی فعالیت‌های صنعتی	حداقل هزینه و حداکثر سود
راوسترون	مکان‌یابی صنعتی	معیارهای طبیعی، اقتصادی، تکنیکی
لوش	تئوری عمومی مکان‌یابی	تقاضا و میزان درآمد تحصیل شده
اسمیت	مکان‌یابی بهینه	مکان‌یابی بهینه بنگاه‌ها عمدتاً با عامل حداکثر سود تحصیل می‌شود
ایزارد	ویژگی‌های صنایع	هزینه، تولید، عوامل اجتماعی

در زمینه موضوع مورد مطالعه پژوهش‌های ارزشمند متعددی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. برای مثال (Fernandez, 2009) در مقاله تعیین مکان‌های مناسب و پایدار صنعتی، در منطقه کانتابریا در شمال اسپانیا اثرات زیست‌محیطی را مهم‌ترین عامل در صنعت و مطالعات صنعتی معرفی می‌کند. این مطالعه با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد که عوامل زیست‌محیطی و اقتصادی به ترتیب با وزن‌های ۳۵ و ۵۰ درصد، بهترین عوامل در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در منطقه کانتابریا به شمار می‌روند. همچنین نتایج پژوهش حاکی از آن است که در میان عوامل اقتصادی، اجتماعی، برنامه‌ریزی و زیست‌محیطی به ترتیب نرخ بیکاری، وجود فعالیت‌های صنعتی در منطقه، مدیریت محیط و بهبود محیط، مدیریت برنامه‌ریزی شهری، حمل‌ونقل و آب و تصفیه فاضلاب از مؤثرترین عوامل در مکان‌یابی شهرک‌ها به شمار می‌رود.

(Ruiz et al, 2011) در مقاله بهره‌گیری از معیارهای تقسیم گیری چند معیار برای برنامه‌ریزی صنعتی در شمال اسپانیا به بررسی نواحی مناسب برای مکان شهرک‌های صنعتی با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که از میان عوامل اقتصادی، اجتماعی، فیزیکی، زیربنایی و توسعه شهری به ترتیب قیمت زمین، نرخ بیکاری، حمل‌ونقل و طبقه‌بندی زمین بهترین عوامل در مکان‌یابی شهرک صنعتی به شمار می‌روند. از میان معیارهای مطرح شده، زیر بناها و توسعه شهری با داشتن وزن ۵۳ درصدی مهم‌ترین عوامل در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در شمال اسپانیا به شمار می‌رود.

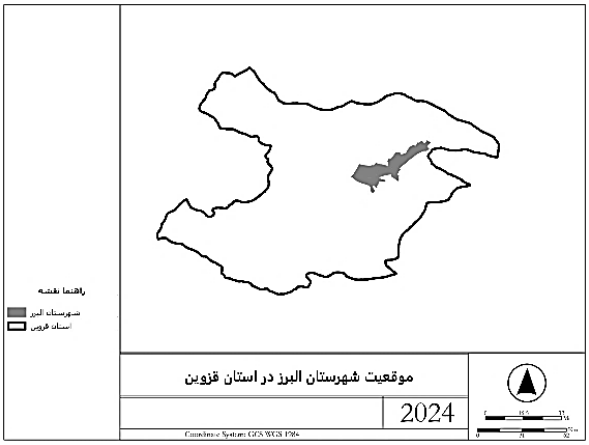
(Fernando et al, 2015) مطالعه‌ای را تحت عنوان، یک مدل مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای انتخاب مناطق صنعتی در سریلانکا باهدف انتخاب مناسب‌ترین مکان‌ها برای ایجاد مناطق صنعتی در ناحیه کلمبو انجام دادند. در روش‌شناسی، ابتدا هفت مجموعه معیار (استفاده از زمین، آب، نوع خاک، حیات‌وحش، سایت‌های باستان‌شناسی، جاده‌ها و خطوط برق) تعیین شدند، بعد نقشه‌های معیارها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شدند تا بتواند سایت‌های مناسب را شناسایی کنند – به‌منظور شناسایی وضعیت سایت‌های موجود، نقشه‌ها در چهارطبقه عالی، بسیار خوب، خوب و متوسط طبقه‌بندی شدند. نتیجه نهایی نشان داد که هیچ بلوکی از زمین در طبقه عالی وجود ندارد که بتواند با مدل انتخاب مناسب سایت برای ایجاد یک منطقه صنعتی در منطقه موردمطالعه مرتبط باشد، اما دو بلوک زمین در طبقه بسیار خوب وجود دارد. در نهایت، تنها یک مکان برای ایجاد یک منطقه صنعتی در ناحیه کلمبو با برخی از محدودیت‌ها شناسایی شد. (Fatai et al, 2015) در مقاله‌ای با عنوان انتخاب سایت با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی شهرستان گرمی با استفاده از هفت معیار میانگین دمای سالانه، شیب، منابع آب، جاده‌ها، زمین‌لرزه، مناطق مسکونی، گسل و زمین‌شناسی پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

و همچنین سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در انتخاب سایت‌های صنعتی بسیار مؤثر است؛ بنابراین می‌توان از این روش در مطالعات مشابه استفاده کرد. در ضمن معیارها را می‌توان باتوجه‌به شرایط محلی تغییر داد تا نتایج دقیق‌تر تولید شود.

در داخل کشور نیز مطالعات ارزشمندی در این زمینه صورت‌گرفته است برای مثال (Raisi & Sofyanian, 2009) در مطالعه مکان‌یابی صنایع با استفاده از معیارهای جغرافیایی، باهدف ارزیابی امکان استقرار صنایع در داخل شعاع ۵۰ کیلومتری شهر اصفهان با استفاده از فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی با معیارهای فاصله از آب‌های سطحی، شیب، فاصله از جوامع انسانی، فاصله از راه‌های ارتباطی، مناطق حفاظت شده، فاصله از صنایع، عمق آب‌های زیرزمینی و غیره و با استفاده از روش ترکیب خطی (فازی)، این تیم رسیدند که با درنظرگرفتن معیارهای زیست‌محیطی چهار ناحیه در شمال شرق اصفهان برای استقرار صنایع مناسب است. (Afrasiabi et al, 2016) در پژوهشی با عنوان مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و با اتخاذ معیارهای مختلف طبیعی و انسانی به مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در شهرستان بجنورد پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که عوامل توپوگرافی و حمل‌ونقل بیشترین نقش را در مکان‌یابی صنعتی در این شهرستان به عهده دارند. (Hajbi et al, 2016) در مقاله‌ای به مطالعه مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در شهرستان دیواندره در استان کردستان اقدام کردند. بدین منظور ابتدا معیارهای مختلف با درنظرگرفتن عوامل مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای ارزیابی و مقایسه گزینه‌های پیشنهادی تعیین و با استفاده از مدل‌های روش وزن دهی ساده یا مجموع ساده وزنی (SAW) ، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، روش‌های ترجیح براساس مشابهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS) رتبه‌بندی مکان‌های پیشنهادی صورت گرفت و نتایج به‌دست‌آمده مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد روستای نساره بهترین محل برای احداث شهرک صنعتی شهرستان دیواندره است. در این راستا، باتوجه‌به پژوهش‌های صورت‌گرفته مشخص می‌شود که تاکنون پژوهشی با موضوع مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در شهرستان البرز قزوین و مقایسه مکان فعلی شهرک صنعتی با مکان‌یابی مناسب آن‌ها صورت نگرفته است؛ بنابراین هدف این مطالعه تحلیل فضایی و مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی شهرستان البرز با استفاده از مدل الکتره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است.

ب) معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان البرز با وسعت ۴۸۱ کیلومترمربع در سال ۱۳۸۳ به عنوان چهارمین شهرستان استان قزوین تشکیل گردید. شهر صنعتی البرز در دهه چهل در راستای تحولات صنعتی کشور تاسیس و ایجاد پایگاه های تولیدی در نقاط مختلف آن نقطه عطفی در تاریخ حیات منطقه بود و جمعیت جویای کار، بافت جمعیتی، فرهنگی، اقتصادی و حتی سیاسی منطقه را تحول نمود. شهر صنعتی البرز اولین شهر صنعتی ایران و خاورمیانه محسوب می گردد. از نظر مختصات جغرافیایی این شهرستان بین ۵۰ درجه و ۱ دقیقه و ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱ دقیقه و ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. (شکل ۱)



شکل شماره (۱): موقعیت شهرستان البرز (منبع: نویسندگان)

این شهرستان از سمت شمال با شهرستان قزوین و از جنوب با شهرستان‌های آبیک و بوئین‌زهرا هم مرز است. منظر عمومی قسمت شمال شرقی این شهرستان کوهستانی و هم مرز با منطقه الموت است و مرکز و جنوب و غرب شهرستان به‌صورت دشت

و هموار است. شیب عمومی زمین به‌طرف جنوب و مرکز شهرستان و درجه شیب نیز زیاد است. شهر صنعتی البرز در سال ۱۳۴۶ تاسیس و در جوار شهر الوند مرکز شهرستان البرز واقع شده است که بیش از ۵۰۰ واحد تولیدی و خدماتی در آن قرار دارد. شهر صنعتی البرز در تیرماه ۱۳۴۶ به‌منظور تمرکز در صنایع تولیدی حدود ۹۰۰ هکتار از اراضی معروف به مزرعه اریک واقع در ۱۴۰کیلومتری‌شمال‌غربی تهران و ۱۵ کیلومتری‌جنوب شرقی‌قزوین، به‌منظور اولین شهر صنعتی ایران برگزیده شد.

۲- روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش این پژوهش توصیفی تحلیلی است. نوع پژوهشی کاربردی و برای گردآوری داده‌ها از مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و پرسش‌نامه از سازمان‌های زیرخط استفاده شده است. با توجه، به اینکه شاخص‌های بسیاری در مورد مسئله مکان‌یابی مطرح هستند با بررسی ادبیات و پیشینه موضوع پژوهش و بهره‌گیری از نظر متخصصین، معیارهای مهم و تعیین‌کننده برای این مسئله انتخاب شدند و در چهار گروه اقلیمی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، دسترسی به مرکز انسان‌ساخت و زیرساختی طبقه‌بندی شدند.

در مرحله بعد سؤالات و پرسش‌نامه تدوین گردید. سپس با نظرخواهی از ۲۰ نفر از کارشناسان و متخصصان، پرسش‌نامه‌ها جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است برای تلفیق معیارها و زیر معیارها به‌منظور شناسایی و تعیین وزن آن‌ها از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط نرم‌افزار انتخاب تخصصی[۳] استفاده شده است. در گام بعد با اعمال‌کردن وزن‌های حاصل از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به پهنه‌بندی اراضی شهرستان البرز اقدام شد، سپس با استفاده از مدل الکتره پهنه‌های کاملاً مناسب بالای ۵۰ هکتار[۴]

باتوجه‌به شانزده معیار مهم دخیل در مکان‌یابی بهینه شهرک‌های صنعتی، مورد رتبه‌بندی قرار گرفت و بهترین مکان‌ها در راستای ارزیابی مکان فعلی شهرک صنعتی و مکان‌یابی مناسب آن‌ها در شهرستان البرز مورد شناسایی قرار گرفت.

الف) معرفی شاخص ها

بامطالعه و جستجو در مبانی نظری موضوع و پیشینه پژوهش و مصاحبه با متخصصان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی شامل چهار معیار اصلی و ۱۶ زیر معیار انتخاب شدند.

معیارهای اقلیمی شامل: شیب زمین، فاصله از گسل، سنگ‌شناسی، فاصله از منابع مواد خام و ارتفاع. معیارهای دسترسی به مراکز انسان‌ساخت: فاصله از شهرها، فاصله از روستاها، کاربری اراضی فعلی و فاصله از محل دفن زباله و معیارهای زیر ساختی شامل: فاصله از خطوط انتقال گاز، فاصله از خطوط انتقال انرژی برق، فاصله از جاده هستند. برای این منظور از داده‌های هواشناسی، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای چند تست استفاده شد.

[3] . Expert choice

[۴]. علت انتخاب پهنه های بالای ۵۰ هکتار این است که زمین های کوچک کمتر از۵۰ هکتار برای برنامه های توسعه گران تمام می شود (شرکت شهرک های صنعتی ۱۳۷۸- ۱۰۰)

جدول شماره (۲): ضوابط و استانداردهای معیارهای مورد استفاده (منبع: مطالعات کتابخانه‌ای و یافته‌های پژوهش)

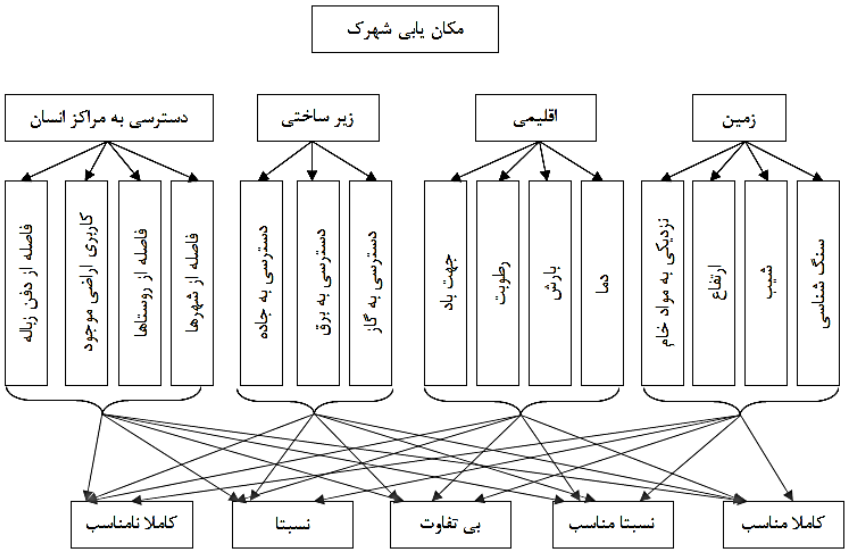
معیار	میزان
گسل	۶۰۰۰ متر (زلفی، ۱۳۹۰ : ۷۶)
شیب	کمتر از ۵ درجه (پور محمدی، ۱۳۹۲ : ۱۰۲)
ارتفاع	کمتر از ۱۳۰۰ متر (مخدوم، ۱۳۹۰)
نزدیکی به منابع مواد خام	۱۰۰۰-۰ متر (استعلام از سازمان شهرک های صنعتی)
سنگ‌شناسی	زمین و مکان صنایع باید مقاومت و استحکام کافی جهت استقرار صنایع و تحمل ساختمان‌ها و ماشین‌آلات متعدد را داشته باشد. (پورمحمدی ۱۳۹۲: ۱۰۲؛ وفائیان، ۱۳۷۱:۶۲)
جهت باد	مناطق صنعتی باید در جهت عکس جریان باد استقرار یابند (پورمحمدی، ۱۳۹۲: ۱۰۰)
بارش	۸۰- ۵۰ میلی متر (مخدوم، ۱۳۹۰)
رطوبت	۸۰-۶۰ درصد(منوری و طبیبیان، ۱۳۸۵، وزارت مسکن و شهرسازی،۱۳۷۳، مخدوم، ۱۳۹۰)
دما	۲۴-۱۸ درجه سانتیگراد (وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۷۳، مخدوم، ۱۳۹۰)
فاصله از مرکز دفن زباله	بیشتر از ۱۲۰۰ متر (خلیجی و زرآبادی، ۱۳۹۴ : ۱۰۴)
فاصله از روستاها	حریم ۱۵۰۰ متری (ضوابط و استانداردهای معیارهای استقرار صنایع، ۱۳۸۴)
فاصله از شهرها	حریم ۱۵۰۰ متری (ضوابط و استانداردهای معیارهای استقرار صنایع، ۱۳۸۴)
کاربری اراضی	زمین‌های بایر، اراضی شور و نمکزار، ارزش زیاد، جنگل، اراضی کشاورزی و مسکونی ارزش کمی برای استقرار صنایع دارند (ضوابط و استانداردهای معیارهای استقرار صنایع، ۱۳۸۴)
دسترسی به برق	۵۰۰-۲۵۰ متر (ضوابط و استانداردهای معیارهای استقرار صنایع، ۱۳۸۴) (رئیسی و سفیانیان، ۱۳۸۹: ۱۲۱)
دسترسی به گاز	۵۰۰-۲۵۰ متر (ضوابط و استانداردهای معیارهای استقرار صنایع، ۱۳۸۴) (رئیسی و سفیانیان، ۱۳۸۹: ۱۲۱)
دسترسی به جاده	۱۰۰۰- ۵۰۰ متر (استعلام از سازمان شهرک های صنعتی)

ب) مدل‌های مورد استفاده در پژوهش

۱. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (فرایند تحلیل سلسله مراتبی)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است. این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه و شاخص تصمیم‌گیری روبرو است، می‌تواند مفید باشد. شاخص‌ها می‌توانند کمی و یا کیفی باشند و امکان تحصیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را فراهم می‌نماید (Sharifipour et al., 2010).

اولین مرحله در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله است که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. (Ramanathan, 2001) (شکل ۲)



شکل شماره (۲): ساختار سلسله مراتبی مکان یابی شهرک های صنعتی در شهرستان البرز قزوین (منبع نویسندگان)

در دومین گام باتوجه‌به عوامل مؤثر بر اساس هر یک از معیارها و زیر معیارها ماتریس مقایسات زوجی تشکیل می‌گردد (Saat, 1980). مقایسه زوجی به‌عنوان اساس فرایند سلسله‌مراتب شناخته می‌شود. (Ulengin et al., 2011)

در این مرحله هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود و در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. مقایسه زوج‌ها بر اساس جدول نه کمیتی انجام می‌شود (جدول ۳).

جدول شماره (۳): جدول نه کمیتی مقایسه دودویی شاخص‌ها (Saaty, 1980:56)

امتیاز	تعریف		توضیح
۱	Equally preferred	اهمیت مساوی	در تحقق هدف، دو شاخص اهمیت مساوی دارند.
۳	Moderat Preferred	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت i اندکی بیشتر از j است.
۵	strongly preferred	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت i بیشتر از j است.
۷	preferred Very Strongly	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۹	Extremely preferred	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر i نسبت به j به طور قطعی به اثبات رسیده است.
۲،۴،۶،۸	Intermediate values	ترجیحات بینابین	هنگامی که حالت میانه وجود دارد.

دراین‌رابطه ماتریس‌های مقایسات زوجی معیارها به‌صورت پرسش‌نامه در اختیار کارشناسان و متخصصان قرار گرفت. در پایان پرسش‌نامه‌ها جمع‌آوری و مورد آنالیز قرار گرفت. جداول (۶،۵،۷،۸،۹)، در سومین مرحله ماتریس نرمالایز (R) تهیه شده و بردار وزن (w) معیارها و گزینه‌ها محاسبه می‌شود. برای این منظور در ابتدا باید مقادیر هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسه زوجی با هم جمع شده و مقدار هر عنصر در ماتریس مقایسه زوجی به جمع ستون خودش تقسیم گردد تا ماتریس مقایسه زوجی نرمالیزه شود.

رابطه (۱)

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}}$$

سپس میانگین عناصر در هر سطر از ماتریس نرمالیزه را محاسبه نموده که در نتیجه آن بردار وزن پارامترها ایجاد می‌شود.

رابطه (۲)

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}}{n}$$

در این روابط: m (تعداد ستون)، n (تعداد سطر)، a_{ij} (درایه های ماتریس مقایسه زوجی) و r_{ij} (درایه های ماتریس نرمالیزه) به ازای هر گزینه i ام و شاخص j ام و w_i: وزن گزینه iام می باشد.

در چهارمین مرحله از تلفیق ضرایب مزبور امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین می‌شود، برای این کار از اصل ترکیب سلسله‌مراتبی که منجر به بردار اولویت با در نظر گرفتی همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله‌مراتب استفاده می‌شود. (Bertolin. & Braglia, 2006) (Moreno Jimenez et al, 2005)

به عبارتی، وزن نهایی پهنه‌های پیشنهادی (گزینه‌ها) از مجموع حاصل‌ضرب معیارها در وزنشان و همچنین وزن لایه معیار از مجموع حاصل‌ضرب زیر معیارها در وزنشان به دست می‌آید.

رابطه (۳)

$$V_H = \sum_{k=1}^{n}\sum_{k=1}^{m} W_k W_i(g_{ij})$$

در این رابط V_H (امتیاز نهایی گزینهH) ، W_k: (ضریب اهمیت معیار k)، W_i (ضریب اهمیت، زیر معیار i) و g_{ij} (وزن گزینه j در ارتباط با معیار i) می باشد.

پنجمین مرحله محاسبهٔ نرخ سازگاری (CR)[5] است؛ چون تعیین کمیت‌ها برای معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه‌ای بر اساس قضاوت شخصی یا گروهی کارشناسی است.

لازم است میزان سازگاری یا ناسازگاری در قضاوت‌های انجام شده مورد آزمون قرار گیرد. (Warsi et al., 2015)

نرخ سازگاری از طریق محاسبه شاخص سازگاری (CI)[6] و رابطهٔ (۴) حاصل می‌شود (Ghodsipour, 20083)

رابطه (۴)

$$CI = \frac{\sum \lambda max - n}{n-1}$$

در رابطه بالا: عنصر بردار ویژه (λmax) و تعداد معیار (n) هاست. عنصر بردار ویژه از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

رابطه (۵)

λmax = وزن معیاری سطر ماتریس ارزش‌گذاری[7] ستون وزن‌ها

λmax باید به تعداد معیارها و برای همهٔ آن‌ها محاسبه شده و سپس از مجموع آن‌ها در رابطهٔ (۴) محاسبه شاخص سازگاری حاصل می‌گردد. شاخص دیگر مورد نیاز شاخصی تصادفی محاسبه نرخ سازگاری[8] است که مناسب با تعداد معیارها از جدول (۴) به دست می‌آید و نهایتاً نرخ سازگاری از رابطهٔ (۶) محاسبه می‌شود.

رابطه (۶)

$$\mathrm{CR} = \frac{\mathrm{CI}}{\mathrm{RI}}$$

جدول شماره (۴): شاخص تصادفی RI برای تعداد معیارهای مختلف

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۵۵	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

اگر نرخ سازگاری محاسبه شده کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری در قضاوت ها مورد قبول است، اما در صورتی که بیشتر از ۰.۱ باشد، بهتر است تصمیم گیرنده در قضاوت های خود تجدید نظر کند. (Dey & Ramcharen, 2000)

[5] Consistency Rate
[6] Consistency Index
[7] Random Index
[8] Random Index

لازم به ذکر است که در این پژوهش از نرم افرا Expert استفاده شده است که این نرم‌افزار با استفاده از روش میانگین هندسی ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها را تعیین می‌نماید. ضمن اینکه با تعیین ضریب سازگاری امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده را نیز فراهم می‌آورد.

۲. فرایند رتبه بندی با مدل الکتره

برای پیاده‌سازی مدل الکتره مراحل زیر طی شده است:

۱- تعیین معیارها و گزینه ها و قرار دادن آن ها در یک ماتریس

۲- بی‌مقیاس‌سازی ماتریس (N) به روش نُرم

$$N = [n_{ij}] \quad , \quad n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m} {a_{ij}}^2}}$$

۳- تشکیل ماتریس اوزان (w) با یکی از روش های وزن دهی

۴- تشکیل ماتریس بی‌مقیاس شده موزون $V = N \times W_{m\times n}$، v = ماتریس بی مقیاس شده موزون $W_{m\times n}$ = عبارتست از ماترییس قطری وزن های به دست آمده برای شاخص ها

۵- مشخص کردن معیارهای مثبت و منفی

۶- تشکیل مجموعه هماهنگ و ناهماهنگ

مجموعه هماهنگ برای

شاخص های مثبت $S_{K,I} = \{j | V_{kj} \geq V_{ij}\}, j = 1,2, \dots, m$

شاخص های منفی $S_{K,I} = \{j | V_{kj} \leq V_{ij}\}, j = 1,2, \dots, m$

مجموعه ناهماهنگی برای

شاخص های مثبت $D_{K,I} = \{j | V_{kj} < V_{ij}\}, j = 1,2, \dots, m$

شاخص های منفی $D_{K,I} = \{j | V_{kj} > V_{ij}\}, j = 1,2, \dots, m$

۷- تشکیل ماتریس هماهنگ :

$$I_{ki} = \sum W_j \, , j \in A_{k,i}$$

۸- تشکیل ماتریس ناهماهنگ :

$$Ni_{ki} = \frac{\left(max|V_{kj} - V_{ij}|, j \epsilon D_{ki}\right)}{\left(max\left|V_{kj} - V_{ij}\right|, j \epsilon \text{همه شاخص ها}\right)}$$

۹- تشکیل ماتریس هماهنگ موثر :

$$\bar{I} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} I_k \, , \, / \, m(m-1)$$ حد آستانه

عناصر ماتریس نیز به این صورت به دست می‌آید:

اگر $I_{ki} \geq \bar{I}$ $\leftarrow$ $H_{ki} = 1$

اگر $I_{ki} < \bar{I}$ $\leftarrow$ $H_{ki} = 0$

۱۰- تشکیل ماتریس ناهماهنگ موثر:

$$\overline{NI} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} NI_{ki} \, , \, / \, m(m-1)$$

اگر $NI_{ki} \geq N\bar{I}$ $\leftarrow$ $G_{ki} = 0$

اگر $NI_{ki} < N\bar{I}$ $\leftarrow$ $G_{ki} = 1$

۱۱- تشکیل ماتریس کلی موثر و اولویت بندی نهایی گزینه ها

$$F_{ki} = H_{ki} \times G_{ki}$$

۳- نتایج و بحث

الف) وزن دهی به معیارها و زیر معیارها و ترکیب آنها با داده های مکانی در محیط GIS

در ماتریس مقایسه زوجی تشکیل‌یافته (جدول ۵)، معیار زیرساختی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. سایر معیارهای بکار رفته به ترتیب دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف بوده و باتوجه‌به اهمیت آنها در امر مکان‌یابی برای ایجاد شهرک صنعتی مرتب و وزن گذاری شده‌اند.

در زیر معیارهای اقلیمی (جدول ۶)، جهت باد با وزن ۰/۶۲۵ ، در زیر معیارهای عوامل زمین شناسی گسل (جدول ۷) با وزن ۰/۴۹۰ ، در زیر معیارهای عوامل دسترسی به مراکز انسان ساخت. فاصله از شهر (جدول ۸) با وزن ۰/۴۳۷ و در زیر معیارهای عوامل زیرساختی، دسترسی به جاده (جدول ۹) با وزن ۰/۴۱۷ بیشترین وزن ها را به خود اختصاصی داده اند.

جدول شماره(۵): ماتریس‌مقایسه زوجی معیارهای به‌کاررفته در مکان‌یابی شهرک‌های‌صنعتی (منبع: یافته‌های پژوهش)

	اقلیم	زمین‌شناسی ژئومورفولوژیکی	دسترسی به مراکز انسان‌ساخت	زیرساختی	وزن نرمال
اقلیم	۱	۰/۲۴	۰/۷۸	۰/۵۶	۰/۱۰۷
زمین‌شناسی/ژئومورفولوژیکی	۴/۰۳	۱	۰/۵۱	۰/۳۶	۰/۱۸۶
دسترسی به مراکزانسان‌ساخت	۱/۲۸	۱/۹۶	۱	۲/۶۳	۰/۱۷۹
زیرساختی	۱/۷۶	۲/۷۱	۲/۶۳	۱	۰/۵۲
		مجموع			۱

نرخ ناسازگاری = ۰/۰۱۴

جدول شماره (۶): ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارهای عوامل اقلیمی (منبع: یافته‌های پژوهش)

	جهت باد	بارش	رطوبت	دما	وزن نرمال
جهت باد	۱	۰/۳۶	۴/۶۷	۰/۲۳	۰/۱۴۷
بارش	۲/۷۶	۱	۴/۰۶	۰/۲۹	۰/۱۹۶
رطوبت	۰/۲۱	۰/۲۴	۱	۰/۱۹	۰/۰۳۱
دما	۳/۵۰	۳/۳۴	۵/۲۶	۱	۰/۶۲۵
					۱

نرخ ناسازگاری = ۰/۰۶۸

جدول شماره(۷): ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارهای عوامل زمین‌شناسی – ژئومورفولوژی (منبع: یافته‌های پژوهش)

	گسل	شیب	نزدیکی به منابع مواد خام	ارتفاع	سنگ‌شناسی	وزن نرمال
گسل	۱	۵/۲۲	۲/۲۳	۳/۲۵	۲/۳۰	۰/۴۹
شیب	۵/۲	۱	۱/۳۷	۱/۹۱	۲/۲۲	۰/۱۷۱
نزدیکی به منابع مواد خام	۴/۲۲	۰/۷۲	۱	۱/۰۴	۵/۸۹	۰/۱۲
ارتفاع	۱/۲۵	۰/۵۲		۱	۲/۴۴	۰/۰۵
سنگ‌شناسی	۲/۷۹	۰/۴۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۱	۰/۱
			مجموع			۱

نرخ ناسازگاری۰/۰۷۲

جدول شماره(۸): ماتریس مقایسه زوجی زیر معیارهای‌عوامل دسترسی‌به مراکز انسان‌ساخت (منبع: یافته‌های‌پژوهش)

	فاصله از مرکز دفن زباله	فاصله از روستا	فاصله از شهر	کاربری اراضی موجود	وزن نرمال
فاصله از مرکز دفن زباله	۱	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۲۱	۰/۰۶۵
فاصله از روستا	۲/۱۰	۱	۰/۲۲	۰/۷۶	۰/۱۵
کاربری اراضی موجود	۳/۶۹	۴/۳۶	۱	۱/۳۴۱	۰/۴۳۷
وزن نرمال	۴/۷۲	۱/۳۰	۰/۷۴	۱	۰/۳۴۸
		مجموع			۱

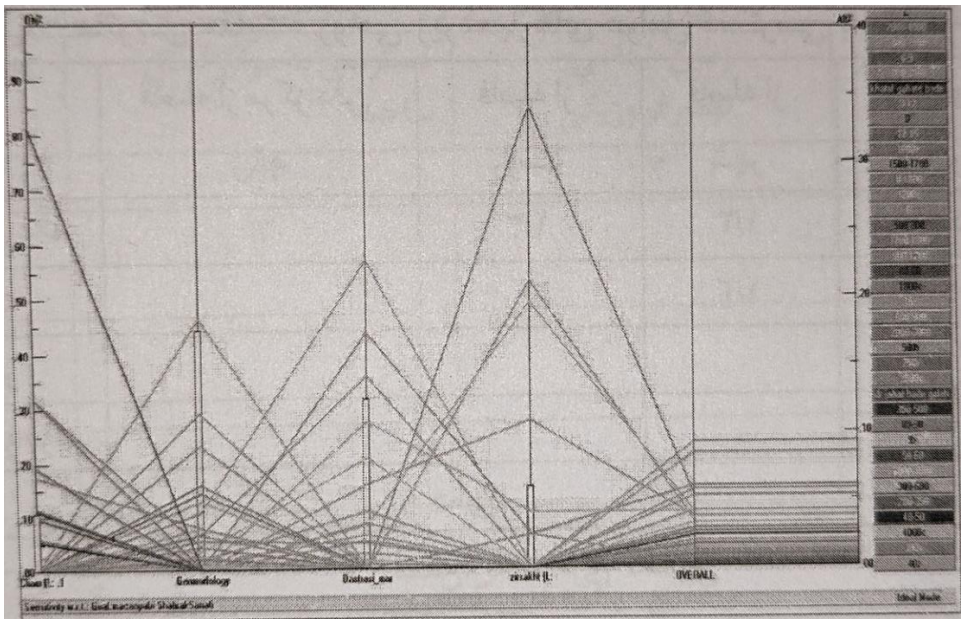
نرخ ناسازگاری = ۰/۰۲۹

جدول شماره (۹): ماتریس مقایسه زوجی زیر معیارهای عوامل زیر ساختی (منبع: یافته‌های پژوهش)

	دسترسی به برق	دسترسی به جاده	دسترسی به گاز	وزن نرمال
دسترسی به برق	۱	۰/۹۴	۱/۸۱	۰/۳۴۴
دسترسی به جاده	۱/۲۵	۱	۱/۷۶	۰/۴۱۷
دسترسی به گاز	۰/۸۲	۱/۷۶	۱	۰/۲۳۹
مجموع				۱

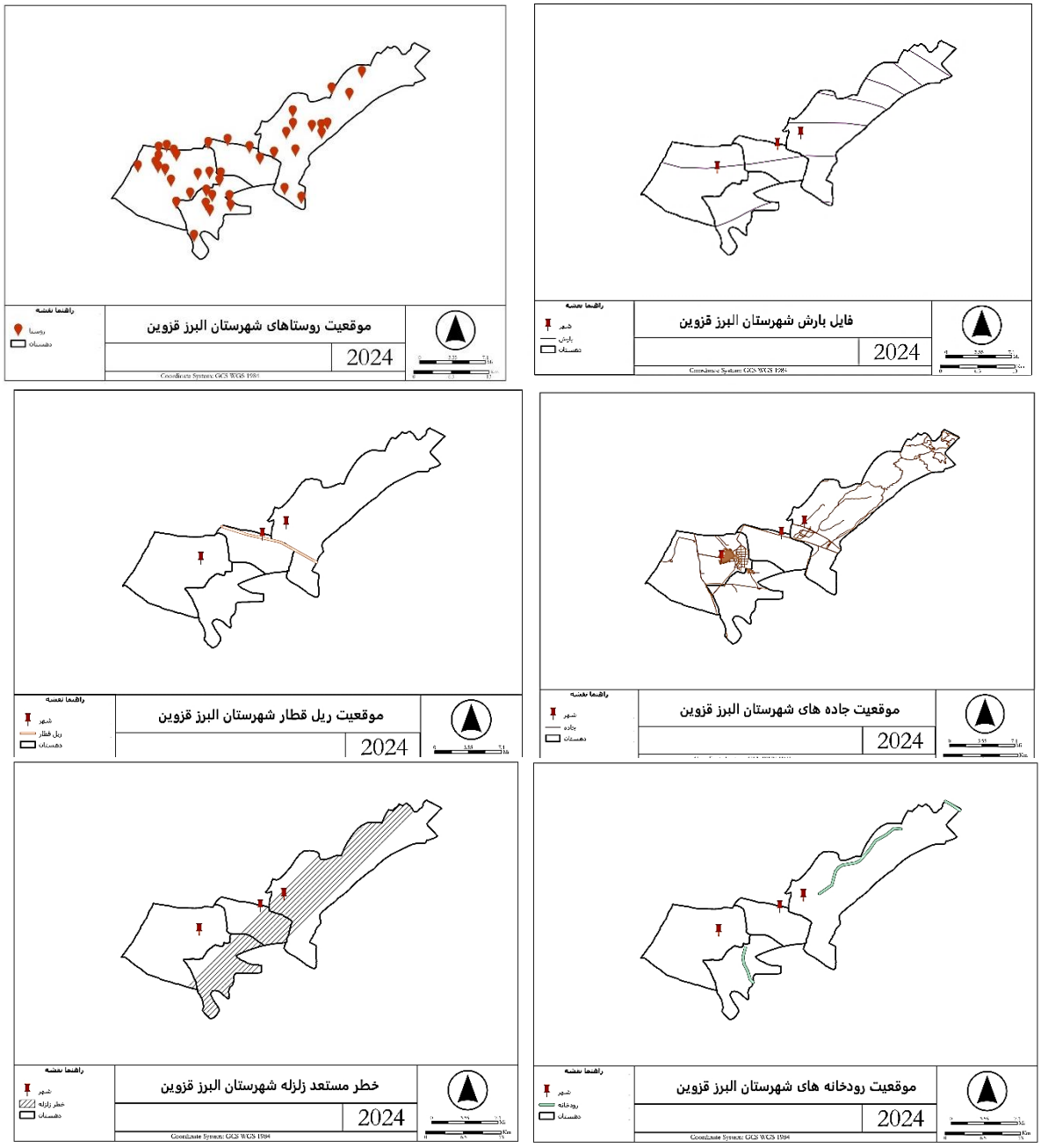
نرخ ناسازگاری = ۰/۰۸۳

لازم به ذکر است که نرخ سازگاری همه مقایسه‌های زوجی از ۰/۱کمتر بوده که این امر نشان دهنده دقت غیر قابل قبول این مقایسات زوجی است. همچنین مجموع ضریب اهمیت معیارهای کلی برابر با عدد ۱ است که نشانه نسبی بودن اهمیت آنها می باشد. بعد از مشخص شدن وزن معیارها و زیر معیارهای مورد استفاده در پژوهش و تحلیل حساسیت (شکل ۴) با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و ارزش گذاری آن ها در نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با استفاده از دستور weighted Sum در نرم افزار ARC MAP به تلفیق معیارها و زیر معیارها اقدام شد (شکل ۵) و نقشه مکان‌یابی مراکز مستعد احداث شهرک های صنعتی برای منطقه مورد مطالعه تهیه و پنج طبقه کاملا نامناسب، نسبتا نامناسب، بی تفاوت، نسبتا مناسب و کاملا مناسب تقسیم گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. (شکل ۶) . تحلیل حساسیت نشان می دهد که گزینه های مختلف چگونه در رابطه با همدیگر در خصوص هر معیار و همچنین مجموع معیارها اولویت بندی شده اند. شکل (۳) نقشه های وزن دار شده زیر معیارها را نشان می دهد.

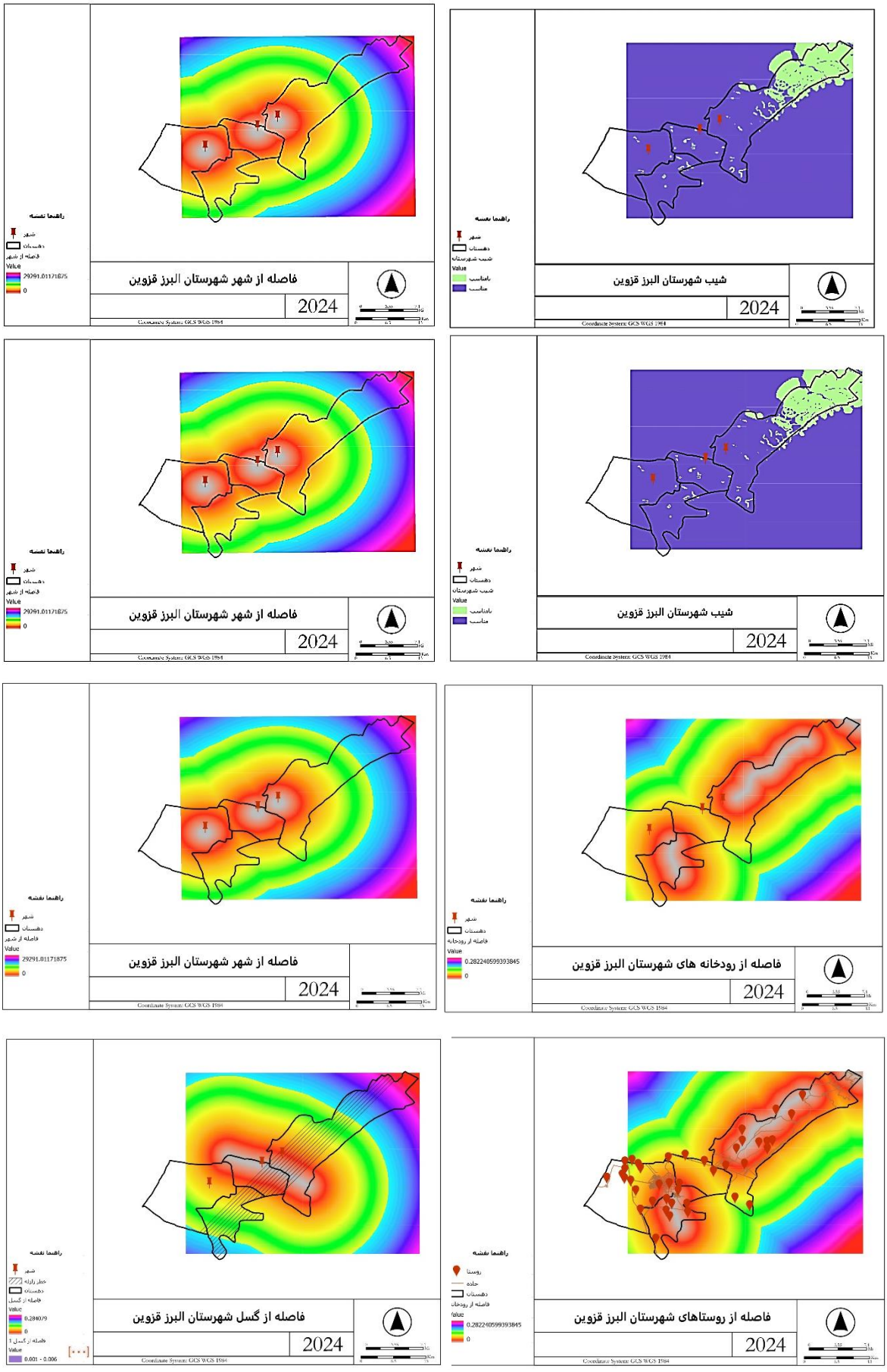


شکل شماره (۳): نمودار تحلیل حساسیت (منبع یافته‌های پژوهش)

شکل شماره (۴): نقشه های وزن دار شده زیرمعیارها

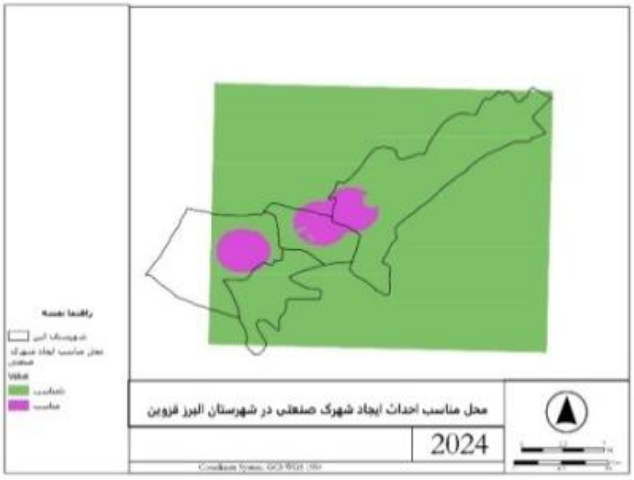


شکل شماره (۵): نقشه نهایی معیارهای ژئومورفولوژی
زمین‌شناسی A- اقلیمی B- زیرساختی C



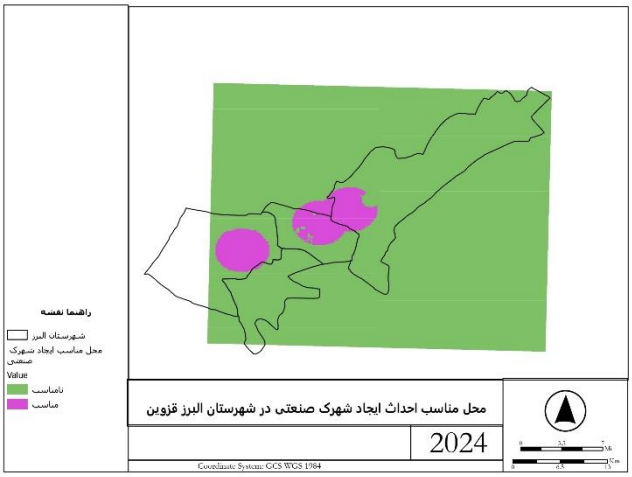
شکل (۶) مناسبت و عدم مناسبت اراضی شهرستان البرز قزوین برای احداث شهرک‌های صنعتی را باتوجه‌به معیارهای مهم دخیل و با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد. بررسی نقشه مکان‌یابی اراضی شهرستان البرز قزوین بر اساس مدل سلسله‌مراتبی نشان‌دهنده این است که بخش‌های مرکزی دهستان پیر یوسفیان و شمال دهستان نصرت‌آباد شهرستان البرز قزوین، مکان‌های کاملاً مناسبی برای احداث شهرک صنعتی هستند. مساحت این نواحی ۱۴۰۰ هکتار محاسبه شده است که ۳.۰۱ ٪ مساحت کل شهرستان است. بخش‌های از دهستان شریفیه بخش محمدیه و دهستان حصارخروان از استعداد نسبتاً مناسبی برای احداث شهرک صنعتی برخوردارند که این نواحی ۱۱۰۰ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند و ۲.۳۶ درصد مساحت شهرستان را در برمی‌گیرند. بخش‌هایی از دهستان حصارخروان بخش محمدیه شهرستان از قابلیت ضعیفی برای احداث شهرک صنعتی برخوردارند که ۳۰۰ هکتار از اراضی شهرستان را شامل می‌شوند. همچنین بخش‌های زیادی از نواحی دهستان حصارخروان بخش محمدیه و دهستان پیر یوسفیان مرکزی فاقد قابلیت لازم برای احداث شهرک صنعتی است که این نواحی ۵۵۰۰ هکتار از مساحت شهرستان البرز قزوین را به خود اختصاص داده‌اند. (جدول ۱۰). باتوجه‌به آخرین تقسیمات کشوری شهرستان البرز قزوین دارای دو بخش به نام‌های مرکزی و محمدیه است، مساحت زیادی از نواحی کاملاً مناسب در بخش مرکزی و مساحت کمی از این نواحی در بخش محمدیه قرار گرفته است. باتوجه‌به اینکه، پهنه‌های کاملاً مناسب برای احداث شهرک‌های صنعتی در مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌صورت پراکنده در منطقه مورد مطالعه پخش شده است و بعضی از پهنه‌ها مساحت مناسب برای ایجاد شهرک‌های صنعتی را ندارند و نمی‌توانند ارزش برنامه‌ریزی داشته باشند. به این دلیل با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ARC MAP به جداسازی پهنه‌هایی که از نظر مساحت، ارزش برنامه‌ریزی را دارا هستند اقدام گردیده است و پهنه‌های بالای ۵۰ هکتار مورد شناسایی قرار گرفته است شکل (۷) و با استفاده از مدل الکتره به رتبه‌بندی و اولویت‌بندی این پهنه‌ها برای احداث شهرک صنعتی در شهرستان البرز قزوین اقدام شده است.

شکل شماره (۶): نقشه مکان‌یابی اراضی شهرستان البرز قزوین (منبع: یافته‌های پژوهش)



جدول شماره (۱۰): مساحت هر یک از پهنه‌های مورد ارزیابی برای احداث شهرک صنعتی (منبع: یافته‌های پژوهش)

پهنه	مساحت (به هکتار)	درصد از مساحت کل منطقه
کاملاً مناسب	۱۴۰۰	۳/۰۱
نسبتاً مناسب	۱۱۰۰	۲/۳۶
بی‌تفاوت	۳۰۰	۰/۶۴
نسبتاً نامناسب	۳۸۱۳۰	۸۲/۱۲
کاملاً نامناسب	۵۵۰۰	۱۱/۸۴



شکل شماره (۷): موقعیت مکان های شناسایی شده برای احداث شهرک های صنعتی (منبع: یافته‌های پژوهش)

ب) رتبه بندی با مدل الکتره

در ادامه با استفاده از مدل الکتره و با توجه معیارهای مهم در مکان‌یابی بهینه شهرک‌های صنعتی، به رتبه‌بندی ایجاد شهرک‌ها در پهنه‌های شناسایی شده اقدام شد. لازم به ذکر است که برای ارزش‌دهی به پهنه‌های کاملاً مناسب بالای ۵۰ هکتار، فاصله و موقعیت این پهنه‌ها نسبت به موقعیت معیارها محاسبه و از روش ارزش‌گذاری منطقه فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است در جدول (۱۱) ارزش‌های ۱، ۳،۵،۷،۹ به ترتیب نشانگر وضعیت کاملاً نامناسب، نسبتاً مناسب، بی‌تفاوت نسبتاً مناسب و کاملاً مناسب، پهنه‌های شناسایی شده نسبت به معیارهای مورد بررسی هستند.

جدول شماره (۱۱): ماتریس تصمیم‌گیری

پهنه‌ها	باد	دما	بارش	رطوبت	گسل	شیب	منابع خام	ارتفاع	سنگ	زباله	روستا	شهر	کاربری	برق	گاز	جاده
اول – مرکزی نصرت آباد	۵	۵	۷	۷	۹	۹	۳	۹	۹	۵	۵	۳	۳	۷	۹	۷
دوم – مرکزی پیریوسفیان	۷	۷	۷	۹	۹	۹	۵	۹	۹	۳	۷	۹	۳	۹	۹	۹
سوم – محمدیه حصار خروان	۷	۷	۵	۷	۳	۵	۵	۳	۳	۱	۵	۷	۹	۷	۵	۵
چهارم – محمدیه شریفیه	۷	۷	۷	۷	۵	۷	۵	۷	۷	۱	۷	۷	۳	۹	۷	۷

یکی از مراحل مهم مدل الکتره وزن دادن به معیارهای مورد استفاده است. در این مرحله می‌توان به هر یک از معیارها بر اساس نظریات شخصی و کارشناسانه و بر اساس اهمیت هر معیار با استفاده از مدل‌های مختلف وزن‌دهی، وزن داد. در این پژوهش برای به‌دست‌آوردن وزن هر یک از معیارها، از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

جدول (۱۲) مشاهده می‌شود، معیارهای فاصله از خطوط انتقال برق و محل دفن زباله از وزن و تأثیرگذاری بیشتری نسبت به سایر معیارها برخوردار هستند.

جدول شماره (۱۲): وزن‌های به‌دست‌آمده با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

معیار	وزن
باد	۰/۲۴۲۵
بارش	۰/۲۴۲۷

رطوبت	۰/۲۴۵۹
دما	۰/۲۴۲۵
گسل	۰/۲۴۵ , ۰/۲۵۵۶
شیب	۰/۲۴۷۴
نزدیکی به منابع	۰/۲۴۲۳
ارتفاع	۰/۲۴۷۶
سنگ	۰/۲۴۷۶
زباله	۰/۲۵
فاصله از روستا	۰/۲۴۵۳
فاصله از شهر	۰/۲۴۲۶
کاربری اراضی	۰/۲۴۵۷
فاصله از خطوط انتقال برق	۰/۲۴۹۵
فاصله از خطوط انتقال گاز	۰/۲۴۷۵
فاصله از جاده	۰/۲۴۷۵

جدول شماره (۱۳): ماتریس هماهنگ

	۱	۲	۳	۴
نصرت‌آباد		۰/۳۱۶	۰/۸۰۲	۰/۷۹۸
پیر یوسفیان	۰/۶۰۵		۰/۹۳۷	۰/۸۳۶
حصارخروان	۰/۴۷۵	۰/۳۱۶		۰/۴۷۵
شریفیه	۰/۳۱۶	۰/۳۱۶	۰/۷۹۸	

جدول شماره (۱۴): ماتریس ناهماهنگ

	۱	۲	۳	۴
نصرت‌آباد		۰/۳۱۵	۰/۱۲۲	۰/۷۰۴
پیر یوسفیان	۱		۰/۷	۰/۹۹۴
حصارخروان	۰/۴۰۷	۰/۵۳۷		۰/۵۳۷
شریفیه	۰/۵۰۱	۰/۲۲۲	۰/۷۹۴	

جدول شماره (۱۵): ماتریس هماهنگ موثر

	۱	۲	۳	۴
نصرت‌آباد		۰	۱	۱
پیر یوسفیان	۱		۱	۱
حصارخروان	۱	۰		۰
شریفیه	۱	۰	۱	

جدول شماره (۱۶): ماتریس ناهماهنگی موثر

	۱	۲	۳	۴
نصرت‌آباد		۱	۱	۱
پیر یوسفیان	۰		۱	۱
حصارخروان	۱	۱		۰
شریفیه	۱	۱	۰	

جدول شماره (۱۷): ماتریس کلی موثر

۱	۲	۳	۴

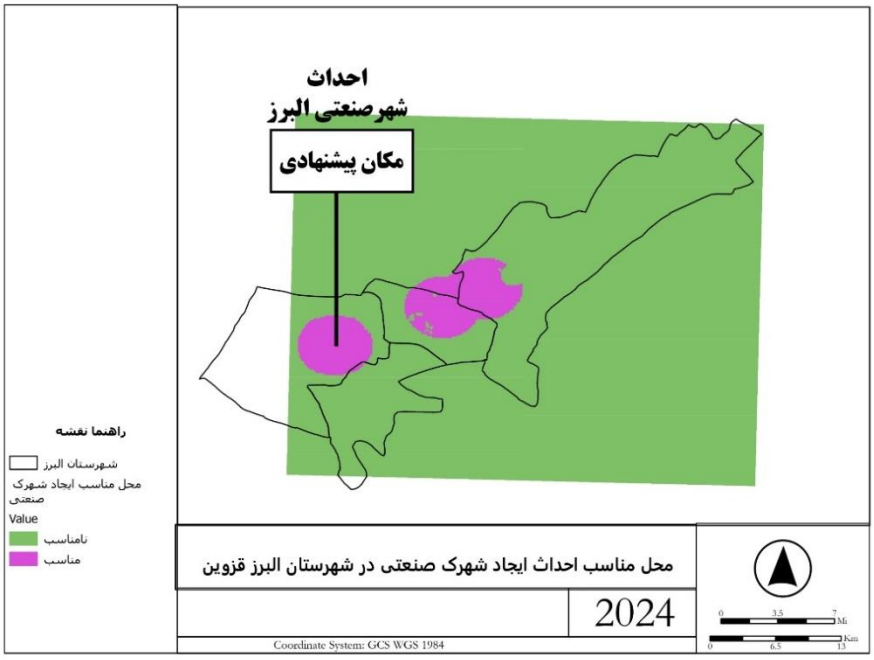
نصرت‌آباد		۰	۱	۱
پیر یوسفیان	۱		۱	۱
حصارخروان	۰	۰		۱
شریفیه	۰	۰	۱	

در ادامه با توجه وزن هر یک از معیارها و ارزش آن‌ها برای هر یک از مکان‌های شناسایی شده به رتبه‌بندی مکان‌ها اقدام که جدول (۱۸) اولویت هر یک از مکان‌ها را نشان می‌دهد. بدین ترتیب همان‌طور که در جدول (۱۸) مشاهده می‌شود پهنه دوم دهستان پیر یوسفیان بخش مرکزی با رتبه اول، بهترین پهنه برای احداث شهرک صنعتی در شهرستان البرز قزوین بر اساس روش الکتره است و پهنه سوم دهستان حصارخروان بخش محمدیه نیز از اهمیت کمتری برای احداث شهرک صنعتی در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. شکل (۸) موقعیت مکان‌های انتخاب شده و رتبه مکان‌های پیشنهادی برای احداث شهرک صنعتی در شهرستان البرز قزوین را با استفاده از مدل الکتره نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱۸): نتایج رتبه‌بندی پهنه‌های مناسب برای احداث شهرک‌های صنعتی (منبع: یافته‌های پژوهش)

	برد	بافت	جواب نهایی		بهترین گزینه‌ها	رتبه‌بندی پهنه‌ها
پهنه اول	۲	۱	۱	۳	پهنه دوم	۱
پهنه دوم	۳	۰	۳	۱	پهنه اول	۲
پهنه سوم	۰	۳	-۳	-۱	پهنه چهارم	۳
پهنه چهارم	۱	۲	-۱	-۳	پهنه سوم	۴

شکل شماره (۸): نقشه موقعیت و رتبه مکان های شناسایی شده برای شهرک های صنعتی در شهرستان البرز قروین با استفاده از روش الکتره و موقعیت شهرک صنعتی اجرا شده موجود



باتوجه‌به اهمیت شهرک‌های صنعتی در استان قزوین و نزدیکی به پایتخت و شاهراه مواصلاتی غرب و شمال غرب کشور، مطالعه حاضر به مکان‌یابی شهرک صنعتی شهرستان البرز قزوین اقدام نمود. برای این منظور از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و الکتره استفاده شد. در این زمینه معیارهای اقلیمی، ژئومورفولوژی – زمین‌شناسی، دسترسی به مراکز انسان‌ساخت و زیر ساختی انتخاب شدند. باتوجه‌به نتایجی که از پر کردن پرسش‌نامه توسط کارشناسان و متخصصان به‌دست‌آمده از بین معیارهای انتخابی بیشترین اهمیت به معیارهای زیرساختی با ۵۲ درصد اختصاص یافت که زیر معیارهای آن شامل دسترسی به برق، دسترسی به جاده، دسترسی به گاز نسبت به سایر عوامل است. همچنین کمترین اهمیت به معیار عوامل اقلیمی شامل زیرمعیارهای دما، بارش، رطوبت هوا و جهت باد اختصاص یافت که در مجموع ۰/۱۰۷ درصد از ارزش سه معیار دیگر مورد بررسی قرار گرفته را

شامل می‌شود. (جدول ۵) تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده، نشان‌دهنده این است که بخش‌های مرکزی دهستان پیر یوسفیان و همچنین بخش‌هایی از شمال دهستان نصرت‌آباد شهرستان البرز قزوین، مکان‌های کاملاً مناسبی برای احداث شهرک صنعتی است که این نواحی ۲۵۰۰ هکتار از مساحت شهرستان البرز قزوین را به خود اختصاصی داده‌اند (جدول ۱۰) پس از تعیین پهنه‌ها، نتایج رتبه‌بندی با استفاده از روش الکتره نشان داد که پهنه دوم دهستان بخش مرکزی پیر یوسفیان در مرکز شهرستان از بیشترین و پهنه سوم دهستان حصارخروان بخش محمدیه نیز کمترین ارزش برای احداث شهرک صنعتی در شهرستان البرز قزوین برخوردار است (جدول ۱۷). مقایسه شهرک صنعتی اجرا شده شهرستان یعنی شهر صنعتی البرز قزوین، با مکان‌یابی مناسب آن نشان داد که شهرک صنعتی اجرا شده شهرستان البرز قزوین باتوجه‌به معیارهای بنیادی مکان‌یابی شده است (شکل ۸). همچنین با توجه اینکه شرایط اقلیمی در استقرار صنایع نقش مهمی دارند و از دیدگاه زیست‌محیطی باید به آثار صنایع بر میزان آلودگی هوا و صدا در محیط‌های شهری توجه شود، بنابراین مکان پیشنهادی برای احداث شهرک صنعتی در شهرستان البرز قزوین با مساحت ۱۴۰۰ هکتار، از نظر توپوگرافی در ارتفاع ۱۳۰۴ متری از سطح دریاهای آزاد و در زمین‌هایی با شیب ۲ درصد قرار گرفته و میزان بارش در این مکان ۲۸۵ میلی‌متر، دما ۱۴ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت ۵۱ درصد و در عکس جهت باد قرار گرفته است.

لازم به ذکر است که به دلیل وجود میکرو گسل‌های زیاد در منطقه البرز قزوین، مکان پیشنهادی در فاصله ۱۹۰۰۰ متری از گسل های موجود، نزدیک به زمین های کشاورزی و باغات و جنگل و از نظر سنگ شناسی در زمین های مقاوم قرار گرفته است. شهرستان البرز قزوین دارای زمین های کشاورزی و باغات فراوان بوده و به غیر از قسمت شمال شرقی شهرستان، یا منطقه مسکونی و صنعتی هستند یا کشاورزی و باغی. همچنین کاملا مشهود است که دسترسی کارخانه ها به شبکه حمل و نقل کارآمد، موجب کاهش هزینه ها و جابجایی آسان محصولات می شود و با توجه به اینکه برخی کارخانه ها برای اینکه عملکرد مطلوبی داشته باشند، به مقدار معینی از منابع انرژی نیازمندند . بنابراین مکان پیشنهادی در این منطقه، در فاصله نزدیک به خطوط انتقال برق گاز و راه های ارتباطی قرار گرفته است. در ارتباط با مکان‌یابی شهرک های صنعتی در منطقه مورد مطالعه توجه به موارد زیر ضروری به نظر می رسد:

– بهتر است برای انتخاب دقیق‌تر مکان شهرک‌های صنعتی تمام فاکتورهای طبیعی، انسانی، ارتباطی در منطقه مورد مطالعه به‌نوعی مدنظر قرار گیرند.

– باتوجه‌به مکان فعلی شهر صنعتی البرز قزوین و وجود زمین‌های کشاورزی و باغی مناسب در اطراف این شهرک صنعتی، نبایستی طرح و توسعه شهرک در این منطقه صورت بگیرد.

– به‌منظور حفظ سلامت شهروندان و نزدیکی مناطق مسکونی با شهرک صنعتی البرز قزوین در مکان فعلی، بایستی موارد زیست‌محیطی و کاهش آلایندگی در این شهرک جزء برنامه‌های مهم در نظر گرفته شود.

– به‌منظور بالابردن دقت مکان‌های مناسب جهت استقرار شهرک‌های صنعتی، نقشه‌های پایه‌ای دقیق‌تری توسط سازمان‌های مربوط تهیه گردد.

– نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان خطاها در زمان مورد نیاز برای پایش متغیرها را به طرز چشمگیری کاهش داده و باعث کاهش هزینه نهایی فرایند مکان‌یابی شود.

٤- منابع

Arghan, A. A., & Mojtahedzadeh, M. (2014). Comparison of industrial towns with emphasis on the rate of attraction of applicants, employment and investment using GIS. Case study: Abbas Abad, Ivanaki, Garmsar and Semnan industrial towns. *Environmental Planning Quarterly*, (52), Spring.

Afrasiabi, M., Arjomand, A., & Dastpak, R. (2016). Location of industrial estates using the Analytic Hierarchy Process Method. In *Third International Conference on Civil Engineering, Architecture and Structures*. Norwegian Institute of Science and Technology Research.

Akhavan, H., & Nazari, R. (2007). Performance of industrial estates in Golestan province and providing an executive solution for their improvement. *Economic Journal*, 73–74(7), 1–23.

Omidnia, A., Ghavash, A. Q., Kaka, J., Moghadam, M., Abste, M., & Karimikia, A. (2004). *Final report of the research project on the performance of industrial estates in Khuzestan Province*. Ministry of Economic Affairs and Finance, Deputy for Economic Affairs.

Tolai, S. (1991). *An analysis of the spatial functions of the location of Iran's industrial towns (Alborz, Kaveh, Rasht)* (Doctoral dissertation). Islamic Azad University.

Jafarieh, M. (2011). *Evaluation of the location of industrial estates in the west of Tehran province: A case study of Eshthard and Nazarabad* (Master's thesis). Payam Noor University of Tehran.

Hajbi, S., Soleimani, G., & Pourmohammad, R. (2016). Locating industrial estates using multi-criteria decision-making techniques (Case study: Divandareh industrial estate in Kurdistan province). *Quarterly Journal of Industrial Management*, 10(34), 64–73.

Rezaei, M. R., & Khavarian, A. R. (2014). An analysis of the criteria and indicators for locating industrial towns with emphasis on the principles of spatial planning and land use planning in Iran. *Geography and Urban-Regional Planning*, 12(4), 1–12.

Raisi, M., & Saghnian, A. (2010). Locating industries using geographical criteria (Case study: A fifty-kilometer radius east of Isfahan). *Quarterly Journal of Geographical Research*, 4(99), 115–134.

Razovian, M. T. (1997). *Location selection of industrial units* (1st ed.). Islamic Azad University, Ahvaz branch.

Management and Planning Organization of East Azarbaijan Province. (2015–2016). *Statistical Yearbook of the Province*.

Shushtari, R., & Marufnejad, A. (2020). Ranking of gas station locations from the perspective of citizens using the VIKOR model: Case study East of Ahvaz metropolis. *Environmental Planning Quarterly*, (48), Spring.

Sharifipour, R., Ahmadian, R., & Daneh Kar, I. (2020). Determining and prioritizing the location criteria of the new city of Pars using spatial multi-criteria assessment and the application of analytical hierarchy process. *Land Planning*, 2(2), 51–65.

Iran Industrial Towns Company. (1999). *Industrial town in another way* (1st ed.). Tehran: Iran Industrial Towns Company Publications.

Abdoli, G., & Abbasinejad, H. (2007). Industrial clusters in industrial and regional development. *Journal of Geographical Research*, 78, 59–86.

Alijani, B. (2015). Spatial analysis. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 3(2), 1–14.

Ghanbaran, A., Hosseinali, F., Hosseini, S. B., & Bahrami Doost, P. (2016). Locating hospital centers based on natural hazards and using the ANP network analysis model: Case study District 5 of Tehran. *Environmental Planning Quarterly*, (440).

Ghodsipour, H. (2008). *Analytical hierarchy process* (5th ed.). Tehran: Amir Kabir University of Technology Press.

Moghadam, M. (2012). Locating industries in unequal space. *Development Economics and Planning*, 2(1), 19–32.

Statistics Center of Iran. (2011). *Detailed results of the general population and housing census of the country*.

Motiei Langroodi, S. H. (2001). Socio-economic effects of industrial towns in rural areas: Case study Mashhad industrial town. *Quarterly Journal of Geographical Research*, 61(2), 21–38.

Monvari, S. M., & Tabibiyan, S. (2006). Determining environmental factors in locating new cities in Iran. *Environmental Science and Technology*, 3(8), 1–9.

Nasrollahi, Z., & Salehi Ghahfarkhi, F. (2012). Factors affecting the location of industrial towns with regard to sustainable development indicators and their prioritization using triangular fuzzy numbers (Arak case study). *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, 7(2), 93–123.

Warsi, H. R., Taghvaei, M., & Sharifi, N. (2015). Spatial analysis and optimal location of urban green spaces: Case study of Najafabad city. *Journal of Urban Research and Planning*, 21(6), 51–72.

Bertolini, M., & Braglia, M. (2006). Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. *International Journal of Project Management*, 24(5), 422–430.

Fernando, G. M. T. S., Pinnawala Sangasumana, V., & Edussuriya, C. H. (2015). A GIS model for site selection of industrial zones in Sri Lanka: A case study of Kesbewa Divisional Secretariat Division in Colombo District. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(11), 2229–5518.

Fataei, E., Aalipour Erdi, M., Farhadi, H., & Mohammadian, M. (2015). Industrial state site selection using MCDM method and GIS in Germi, Ardabil, Iran. *Journal of Industrial and Intelligent Information*, 3(4), 324–329.

Fernandez, I., & Ruiz, M. C. (2009). Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas. *Journal of Cleaner Production*, 17, 87–100.

Gibbs, D., & Deutz, P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1683–1695.

Moreno-Jiménez, J. M., Joven, J. A., Pirla, A. R., & Lanuza, A. T. (2005). A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP decision making. *Group Decision and Negotiation*, 14, 89–108.

Ruiz, M. C., Romero, E., Perez, M. A., & Fernandez, J. (2011). Development and application of a multi-criteria spatial decision support system planning sustainable industrial area in Northern Spain. *Automation in Construction*, 22, 320–333.

Ramanathan, R. (2001). A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of Environmental Management*, 63, 27–35. https://doi.org/10.1006/jema.2001.0455

Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS-based multi-criteria analysis for industrial site selection. *Procedia Engineering*, 69, 1054–1063.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York, NY: McGraw-Hill.

Ülengin, F., Kabak, Ö., Önsel, Ş., Aktas, E., & Parker, B. R. (2011). The competitiveness of nations and implications for human development. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45(1), 16–27.

Analysis and Site Selection of the Alborz County (Qazvin) Industrial Town Using AHP and ELECTRE Models

Omoei Milan, A. (Corresponding Author)
Ph.D. Department of Industrial Management, Qazvin Islamic Azad University, Iran
Ahmadmilan13631206@gmail.com
Emami Razelighi, R.
Ph.D. Department of Industrial Management, Qazvin Islamic Azad University, Iran
Irajpour, A.
Department of Industrial Management, Qazvin Islamic Azad University, Iran

Abstract
The selection of an appropriate site for establishing industries is a critical factor in fostering industrial development. Therefore, attention to the layout of industrial zones, assessment of existing industrial towns, and zoning of industrial areas are prioritized in development planning. This study aimed to analyze and identify the optimal location for the Alborz County (Qazvin) Industrial Town using a hybrid approach that combines the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the ELECTRE method. The research was applied in nature and employed a descriptive-analytical methodology. Data collection involved a review of documents, library resources, and the Delphi technique. After identifying the initial criteria, they were grouped into four categories. A questionnaire was then developed, and expert opinions were gathered from 20 specialists in the field. The AHP model, implemented in Expert Choice software, was used to integrate and weigh the criteria and sub-criteria. The resulting weights were applied within a GIS environment to perform land zoning in Alborz County. Land parcels larger than 50 hectares and classified as entirely suitable were selected and evaluated using the ELECTRE method based on 16 key criteria relevant to site selection for an industrial town. The most appropriate locations were identified, and a comparative evaluation of the current site of the Alborz County (Qazvin) Industrial Town was conducted. The results indicated that the existing location aligns well with the principles and standards of site selection. Notably, the proposed area covers approximately 1,400 hectares, situated at an elevation of 1,304 meters above sea level, with a slope of just 2%. Considering the presence of numerous micro-faults in Qazvin Province, the site is located 19,000 meters away from known faults and is adjacent to agricultural land, orchards, and geologically stable terrain.

Keywords: ELECTRE, spatial analysis, Alborz County (Qazvin), analytical hierarchy process (AHP), industrial town site selection.