



سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



## فرآیند مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با الگوریتم ژنتیک در محیط GIS مطالعه موردی: مناطق ساحلی استان مازندران

سمانه حمزه‌لویی<sup>۱\*</sup>، رضا احمدیان<sup>۲</sup>، محمدرضا شامی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۱۸

\*نویسنده مسئول

تاریخ پذیرش: ۹۵/۹/۱۳

© نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی ۱۳۹۵، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی است.

### چکیده

شهرک‌های صنعتی با هدف صنعتی شدن کشورها به وجود آمده‌اند، تا ضمن تمرکز صنعتی از آثار مخرب صنعت در محیط انسانی جلوگیری به عمل آید. با وجود اینکه سال‌های زیادی از سابقه احداث شهرک‌های صنعتی در کشور ایران می‌گذرد، این شهرک‌ها نتوانستند به موفقیت مورد انتظار دست یابند که یکی از دلایل اصلی آن را می‌توان مکان‌گزینی نادرست آنها دانست. تحقیق حاضر، در زمینه مکان‌یابی مناسب برای تأسیس شهرک‌های صنعتی در مناطق ساحلی استان مازندران (شهرستان تنکابن) انجام شده است. جهت رسیدن به این هدف از الگوریتم ژنتیک که به عنوان توابع تلفیقی از انواع تجزیه و تحلیل مکانی GIS می‌باشد و امکان انتخاب مکان بهینه را با استفاده از نقشه‌های ورودی و از طریق عملگرهای تلفیقی فراهم می‌کند، استفاده شده است. با بررسی تحقیقات گسترده‌ای که در مورد موضوع صورت گرفته است، نخست معیارهای مناسب استخراج و تعیین شد سپس عوامل مؤثر در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به همراه لایه‌های اطلاعاتی مربوطه در GIS تعیین و جهت ورود به مدل ژنتیک آماده شدند. سپس این عناصر در توابع هدف قرار گرفتند. با برنامه‌ای که به این منظور طراحی شده، توابع هدف مورد نظر بر مسئله اعمال شدند و مناطق مناسب برای ساخت شهرک صنعتی و نیز جبهه جواب‌های بهینه تولید شد. در پایان با استفاده از برنامه طراحی شده، نقاط متناظر روی نقشه مشخص گردید.

**واژه‌های کلیدی:** آمایش سرزمین، مناطق ساحلی، مکان‌گزینی، شهرک صنعتی، سیستم اطلاعات مکانی، الگوریتم ژنتیک

۱. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشگاه علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد واحد تهران، Sami.hamzeloui@gmail.com

۲. دکترای شهرسازی، استادیار دانشگاه آزاد واحد زنجان، Rahmadian2001@yahoo.com

۳. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای، Mreza.shami@gmail.com

## ۱- مقدمه

## ۱-۱- بیان مسئله

توسعه شهری همواره با توسعه صنعتی ملازم و همراه بوده است، به نحوی که می‌توان گفت این ملازمت شهر و صنعت مهمترین و مؤثرترین عامل در شکل‌گیری نظام کالبدی- فضایی شهرها و حومه‌ها محسوب می‌شود. از یک‌سو، صنایع برای تحرک و توسعه شهرها ضروری و برای شهروندان مفید است و از سوی دیگر، صدمات و خسارات نسبتاً جدی به شهر و شهروندان وارد می‌سازد؛ بنابراین رابطه صنعت و شهر، موضوعی پیچیده و چندوجهی است (خالصی، ۱۳۸۷).

پدیده ایجاد تجمع‌های صنعتی برای اولین بار در اواخر قرن نوزدهم میلادی در کشور انگلستان مطرح شد و در سال‌های بعد در بسیاری از کشورهای صنعتی غرب به‌عنوان وسیله‌ای برای دستیابی به رشد صنعتی به کار رفت. بعد از جنگ جهانی دوم استراتژی ایجاد نواحی صنعتی به‌طور فزاینده‌ای در کشورهای درحال توسعه به مرحله اجرا درآمد. در کشور ما نخستین کوشش‌ها به‌منظور ایجاد ناحیه صنعتی در سال ۱۳۳۳ در شهر کرج با شکست مواجه شد، که این شکست عمدتاً ناشی از فقدان دانش و تجربه در سازمان‌دهی و اداره شهرهای صنعتی بود. از عمده‌ترین مشکلات این شهرک می‌توان به فقدان امکانات زیربنایی و برنامه‌ریزی اصولی اشاره کرد (فرقانی، ۱۳۸۶).

در حال حاضر قطب‌ها و محورهای صنعتی کشور تا حدود زیادی با قطب‌ها و محورهای جمعیتی همخوانی دارند. این چسبندگی صنایع به مراکز جمعیتی علت اصلی و زمینه‌ساز پیدایش بسیاری از مشکلات کالبدی و زیست‌محیطی صنایع بوده است، که بازنگری در نحوه توزیع و استقرار واحدهای صنعتی را ضروری کرده است. با وجود اینکه از تأسیس اولین شهرک‌ها و مجتمع‌های صنعتی در ایران بیش از نیم‌قرن می‌گذرد، متأسفانه هنوز این شهرک‌ها نتوانسته‌اند به موفقیت شایسته‌ای دست یابند. یکی از علل اصلی این شکست، مکان‌یابی نامناسب صنایع است. به علاوه، در اکثر مطالعات انجام شده تنها به بررسی یک یا چند شاخص مؤثر در مکان‌یابی پرداخته شده و از رویکرد همه‌جانبه‌نگر غفلت شده است (بامداد و همکاران، ۱۳۸۶).

بنابراین ضرورت بررسی و تعیین شاخص‌های مؤثر در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی امری بدیهی و بااهمیت است. این تحقیق سعی دارد با استفاده از تکنیک روز دنیا اصول و معیارهایی برای یافتن مکان مناسب استقرار شهرک‌های صنعتی ارائه کند. الگوریتم ژنتیک یکی از تکنیک‌های محاسبات تکاملی است که به‌دلیل توانایی خود در یافتن بهینه‌گی کلی قابلیت انعطاف در برابر مجموعه‌های پیچیده و ساده‌سازی شده در اجرا، از توجه زیادی برخوردار شده است. اهمیت و کاربرد این الگوریتم توسط کارشناسان شهرسازی سایر کشورها درک شده و عموماً از آن استفاده شده است. اکنون زمان آن رسیده است که مانند سایر مباحث ریاضی و رایانه مباحثی از قبیل منطق فازی، شبکه عصبی و...، این الگوریتم نیز جای خود را در میان کارشناسان شهرسازی کشورمان پیدا کند (خسروی، ۱۳۹۱).

## ۱-۲- ضرورت تحقیق

ضرورت و اهمیت انتخاب مکان برای یک بنگاه صنعتی تا حدی است که در ادبیات این حوزه به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر موفقیت

اقتصادی بنگاه صنعتی به شمار می‌رود، به این علت که انتخاب مکان می‌تواند بر رشد اشتغال بنگاه در صنعت، سودآوری و رقابت آن تأثیر گذارد. این موضوع برای مناطق صنعتی اهمیت دو چندان دارد چرا که می‌تواند اهداف گروه‌های مختلف را برآورده سازد. از دیدگاه برنامه‌ریزان توسعه منطقه‌ای، به‌وجود آمدن مناطق و شهرک‌های صنعتی منجر به اشتغال‌زایی، جلوگیری از مهاجرت افراد منطقه، ایجاد توازن در سیاست‌های توسعه می‌شوند (مطیعی لنگرودی، ۱۳۸۰). به‌طور کلی، واحدهای اقتصادی موجود در شهرک صنعتی می‌توانند با برخورداری از صرفه‌های اقتصادی هزینه‌های خود را کاهش و سود و قدرت رقابتی خود را افزایش دهند. برنامه‌ریزان اقتصادی در رویکرد خود به احداث شهرک‌های صنعتی، به مسائلی مانند استفاده بهینه از زمین و نظم بخشیدن و جداسازی مطلوب فضاهای صنعتی و مسکونی و طراحی شهرهای جدید توجه ویژه‌ای دارند (عباسی نژاد و عبدلی، ۱۳۸۶).

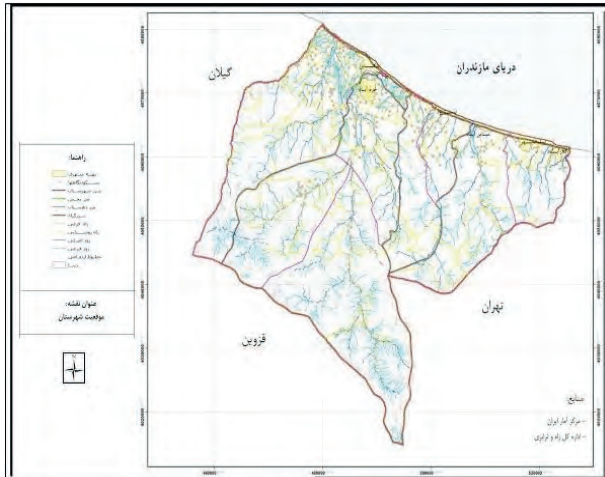
مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی مبتنی بر ویژگی‌های پایداری یکی از مؤثرترین اقدامات برای دستیابی به بوم‌شناسی صنعتی و پس از آن توسعه پایدار نیز به شمار می‌رود. مطالعات مکان‌یابی یکی از اقدام‌های کلیدی در فرآیند احداث واحدهای صنعتی یا خدماتی محسوب می‌شود و توجه به این مهم در موفقیت مراکز، نقش بسزایی دارد. اهمیت این مطالعات به‌اندازه‌ای است که به‌تازگی در مورد مراکز فعال نیز، این مطالعات دوباره صورت می‌گیرد که در برخی از موارد منجر به تغییر محل واحد صنعتی نیز می‌شود (نصراللهی، ۱۳۹۱). عدم توجه به مکان‌یابی علمی، بحران‌های مختلف و آلودگی‌های گوناگون و مسائل انسانی خاص خود را ایجاد کرده است. با وجود اینکه از تأسیس اولین شهرک‌ها و مجتمع‌های صنعتی در ایران بیش از نیم قرن می‌گذرد، متأسفانه هنوز این شهرک‌ها نتوانسته‌اند به موفقیت دست یابند. از علل اصلی این شکست، می‌توان به مکان‌یابی نامناسب صنایع و انجام مطالعات تک‌بعدی اشاره کرد که تنها به بررسی یک یا چند شاخص مؤثر در مکان‌یابی پرداخته‌اند (مددی، ۱۳۸۲).

## ۱-۳- پیشینه پژوهش

شهرک‌های صنعتی بخش مهمی از استراتژی‌های شهری مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌روند. از آنجا که این پژوهش به بررسی مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی می‌پردازد در ادامه به مطالعات خارجی و داخلی صورت گرفته در این حوزه اشاره می‌شود. فرناندز (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای عوامل اجتماعی، اقتصادی، برنامه‌ریزی، زیربنایی و زیست‌محیطی را به‌عنوان عوامل اثرگذار در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی برشمرد و با استفاده از مدل AHP نشان داد که عوامل زیست‌محیطی و اقتصادی به‌ترتیب با وزن‌های ۵۰ و ۳۵٪، مهم‌ترین عوامل در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در منطقه کانتابریا در شمال اسپانیا بوده‌اند. همچنین نتایج تحقیق وی حاکی است که در میان عوامل اقتصادی، اجتماعی، برنامه‌ریزی و زیست‌محیطی به ترتیب نرخ بیکاری، وجود فعالیت‌های صنعتی در منطقه، مدیریت محیط و تمرین‌های بهبود محیط، مدیریت برنامه‌ریزی شهری، حمل‌ونقل، آب و تصفیه فاضلاب از مؤثرترین عوامل در مکان‌یابی شهرک‌ها محسوب می‌شوند.

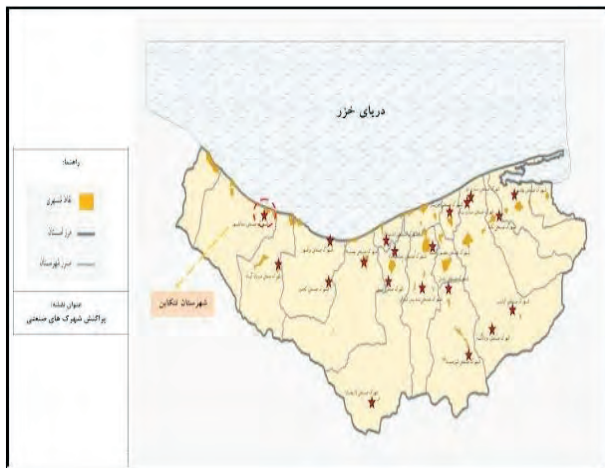
رویز (۲۰۰۷)، در تحقیقی برای مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با معرفی معیارهای اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی، زیربنایی

مازندران در کرانه دریای خزر، دارای وسیع‌ترین منطقه ساحلی است. شهرستان تنکابن چهارمین شهرستان بزرگ مازندران و پرجمعیت‌ترین شهرستان غرب مازندران است. وسعت این شهرستان ۲۱۴۰ کیلومتر مربع و جمعیت آن بالغ بر ۲۰۳۳۷۵ نفر می‌باشد. از نظر جغرافیایی در ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه درازای خاوری و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه پهناى شمالی و ۲۰ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد قرار دارد. این شهرستان به‌عنوان مرکز جذب گردشگری مازندران تأیید شده است. از سمت غرب به شهرستان رامسر، از شرق به شهرستان چالوس، از جنوب به رشته‌کوه‌های البرز و از شمال به دریای خزر متصل است. مرکز این شهرستان شهر تنکابن است (مهندسان مشاور مازند، طرح ۱۳۸۵).



نقشه (۱): موقعیت شهرستان تنکابن

نقشه (۲) پراکنش شهرک‌های صنعتی استان مازندران را نشان می‌دهد.



نقشه (۲): شهرک‌های صنعتی استان مازندران

## ۱-۵-۱- تعاریف

### ۱-۵-۱-۱- شهرک صنعتی

شهرک صنعتی، به قطعه زمینی اطلاق می‌شود که آماده‌سازی، و بر اساس یک طرح جامع به قطعاتی کوچک‌تر تقسیم شده است و تدارکات لازم از جمله راه‌ها، حمل‌ونقل و تأسیسات عمومی در آن ایجاد شده و به‌غیر از پاره‌ای موارد کارخانه‌هایی در آن احداث و تسهیلات مشترکی نیز به وجود آمده است و در مجموع برای استفاده گروهی از صاحبان صنایع در نظر گرفته شده است (اسماعیلیان، ۱۳۸۲).

و با استفاده از GIS بهترین مکان برای شهرک‌های صنعتی در منطقه شمال اسپانیا را مشخص می‌کنند.

در تحقیقی که توسط دانشگاه ماساچوست در سال (۲۰۰۶) انجام شد، شهرک‌های صنعتی در فرانکلین ارزیابی شدند. معیارهای ارزیابی در این پژوهش شامل معیارهای کلی مانند توپوگرافی، نوع خاک، موضوعات باستان‌شناسی، منطقه‌بندی و وسعت شهرک، معیار زیست‌محیطی، زیربناها و حمل‌ونقل بود. پس از جمع‌آوری اطلاعات در مورد هر شهرک و مشخص شدن نقاط ضعف و قوت آن پیشنهادهایی در هر مورد ارائه شد. نتایج این پژوهش نشان داد از آنجا که منطقه گرین فیلد یک منطقه معدنی محسوب می‌شود در حال حاضر برای تأسیس شهرک صنعتی مناسب نیست. همچنین، این منطقه نیازمند گاز طبیعی و خطوط اینترنت پرسرعت است و برای شیب منطقه که بیش از ۱۵ درصد است باید راه‌حلی اندیشیده شود. از آنجا که تورنر فاقد امکانات زیربنایی و وسعت آن کم است، نیاز به انجام مطالعات اقتصادی بیشتری دارد.

شاد و همکاران (۱۳۸۸)، در مقاله‌ای با عنوان «طراحی و اجرای GIS کاربردی جهت مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از مدل‌های فازی، وزن‌های نشانگر و ژنتیک»، شهرک‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی را با در نظر گرفتن عوامل طبیعی (وزش باد، شیب زمین، زلزله و رودخانه و ...)، امکانات زیربنایی (آب، برق، گاز و تلفن)، محیط‌زیست (آلودگی هوا، حفاظت از جنگل‌ها و مراتع، جلوگیری از انقراض نسل حیوانات و ...) و دسترسی‌ها (جاده، راه‌آهن، نیروی کار، امکانات آموزشی و درمانی و ...) به‌عنوان عوامل مؤثر در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی و مدل تلفیقی، مدل همپوشانی شاخص، جمع فازی، فازی گاما و ژنتیک در فرآیند مکان‌یابی موردبررسی قرار دادند. چهار عامل ذکرشده در مدل‌های مذکور مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد بهترین مدل برای مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با توجه به عوامل یادشده مدل همپوشانی شاخص است.

محسن مددی (۱۳۸۲)، در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی نمونه موردی شهرک صنعتی شهرکرد»، به ارزیابی مکان‌یابی شهرک صنعتی از دیدگاه زیست‌محیطی پرداخته است. نتایج تحقیق وی بیان‌گر آن است که اگرچه باد غالب آلودگی‌های شهرک صنعتی را به شهر وارد می‌کند اما مجاورت شهرک در فاصله سه کیلومتری شهر می‌تواند آلودگی را از طریق دیگر به منطقه مسکونی شهرستان شهرکرد وارد کند.

گیتی خوش‌آموز و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای با عنوان «الگوریتم‌های ژنتیک و حل مسائل آمایش سرزمین»، به بررسی استفاده از الگوریتم ژنتیک در حل مسائل آمایش سرزمین و کاربری زمین پرداخته است. در انتهای مقاله نویسنده تنها به ارائه نموداری بسنده کرده و از بیان جزئیات چگونگی استفاده از این الگوریتم خودداری شده است. از نظر نویسندگان این مقاله از میان الگوریتم‌های تکاملی، الگوریتم ژنتیک غالباً برای حل مسائل کاربری زمین به کار رفته است.

## ۱-۴- محدوده مورد مطالعه

ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه، در تعیین شرایط و عوامل مؤثر در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی دخیل می‌باشند. محدوده مطالعاتی در این پژوهش، مناطق ساحلی استان مازندران، شهرستان تنکابن می‌باشد. استان

برده و پس از تعیین معیارها، نسبت به تعیین اهمیت نسبی آنها و در نهایت اهمیت نسبی گزینه‌ها نسبت به یکدیگر اقدام کرد (Eiben, 2007). مبنای کاربرد الگوریتم ژنتیک، استفاده از یک اصل طبیعی به نام برآزش یا انتخاب یا پایداری برترین‌ها یا متناسب‌ترین‌ها است. منظور از مناسب‌ترین، افرادی از یک جمعیت است که مناسب‌ترین (نه الزاماً بهترین) ویژگی‌ها را داشته باشند. این قانون در علوم زیستی، قانون انتخاب طبیعی نامیده می‌شود. طبیعت بر اساس این قانون، به مرور زمان باعث حذف افراد نامتناسب از یک‌گونه و یا گونه‌های نامتناسب و تقویت نسل افراد گونه‌های متناسب می‌شود (Brookes, 2001).

### ۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

#### ۳-۱- مفهوم مکان‌گزینی

با توجه به دیدگاه مکتب فضایی در علوم جغرافیایی، اساس جغرافیای مکان و فضا است. از این‌رو تئوری مکان در علوم جغرافیایی حائز اهمیت است. تئوری مکانی در جستجوی دلایل مکان‌گزینی فعالیت‌های اقتصادی با استفاده از تحلیل مکانی است (خالصی، ۱۳۸۷).

#### ۳-۲- رابطه مکان‌گزینی و طرح آمایش سرزمین

مسئله تعیین مکان برای مجتمع‌های صنعتی و مناطق تولیدی صنعتی یکی از مهم‌ترین مسائل سرمایه‌گذاری است. در این راستا باید اهداف گوناگون مدنظر قرار گیرد، که یکی از آنها آمایش سرزمین است. هدف از طرح آمایش سرزمین از لحاظ صنعت در مقیاس کل کشور، قرار گرفتن منطقی رشته‌های مختلف صنعت در فضا، رشد موزون، متناسب و متعادل استان‌های مختلف کشور در رشته‌ها و شاخه‌های ایجاد فعالیت‌های صنعتی در استان‌های مختلف کشور است که باید طوری باشد تا شرایط لازم را برای بهبود اوضاع اقتصادی و اجتماعی این استان‌ها و نیز برای ملیت‌های مختلف در آن استان‌ها فراهم کند و به بالا بردن سطح زندگی مادی و معنوی همه مردم کمک کند (توفیق، ۱۳۸۴).

#### ۳-۳- شاخص‌ها و مواد پژوهش

در جدول (۱) به‌طور خلاصه معیارهای مؤثر در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی که با بررسی منابع مختلف جمع‌آوری شده، ارائه شده است.

#### ۳-۴- بحث و تحلیل

برای رسیدن به هدف تعیین شده گام‌هایی به این شرح برداشته شد:

#### ۳-۴-۱ آماده‌سازی لایه‌ها

در گام اول، بعد از تعیین عوامل مؤثر در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی باید لایه‌های اطلاعاتی مربوطه را آماده‌سازی کرد. با توجه به روابط بین موجودیت‌های عوامل و مکان شهرک صنعتی، مدل تجزیه و تحلیل مطلوب، مدل تلفیقی است. جهت پردازش لایه‌ها از بین دو ساختار رستری و برداری، روش رستری به‌دلیل ساده بودن و امکان انجام عملیات تلفیقی بر روی آن به‌صورت کارا و مؤثر و همچنین با در نظر گرفتن حجم موردنیاز برای ذخیره‌سازی داده‌های رستری در محدوده مورد مطالعه، این ساختار جهت ذخیره‌سازی داده‌های ورودی مدل تلفیقی استفاده شد.

### ۱-۵-۲- ویژگی‌های شهرک‌های صنعتی

ویژگی‌های هر شهرک از اهداف برنامه سرچشمه می‌گیرد. با این نگرش می‌توان ویژگی‌های یک شهرک را به سه گروه شهرک‌های نوع اول یا تکمیل‌کنندگان، شهرک‌های نوع دوم یا حمایت‌کنندگان، شهرک‌های نوع سوم یا شهرک‌هایی برای صنایع انتقالی به این شرح تقسیم کرد: (۱) شهرک‌های صنعتی نوع اول: هدف در این نوع شهرک‌ها پیشرفت، بهبود و ارتقای سطح فعالیت‌های صنایع است که بیشتر برای نواحی روستایی و یا نیمه روستایی توصیه می‌شود، (۲) شهرک‌های صنعتی نوع دوم یا حمایت‌کنندگان: در این شهرک‌ها هدف، بیشتر ایجاد صنایع جدید و بهبود وضع صنایع موجود می‌باشد که بیشتر در مناطق محروم و عقب‌افتاده متمرکز می‌شود و (۳) شهرک‌های صنعتی نوع سوم: معمولاً این نوع شهرک‌ها برای تمرکز صنایع مزاحم که در شهرها به محیط‌زیست، ضررهای غیرقابل جبران وارد می‌کند طراحی و آماده‌سازی می‌شود (اسماعیلیان، ۱۳۸۲).

### ۲- روش تحقیق

هدف این پژوهش یافتن مکانی بهینه در منطقه ساحلی استان مازندران جهت استقرار شهرک صنعتی است. آمار و داده‌های مورد نیاز شامل مباحث جمعیتی، اقلیمی، اقتصادی، زیربنایی و ... استان است که با مراجعه به سازمان آمار، و اداره‌های مرتبط در استان جمع‌آوری شد. سپس با بررسی و تعیین معیارهای مناسب با توجه به ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه، جهت مکان‌یابی مناطق صنعتی، داده‌های جمع‌آوری شده در الگوریتم اعمال و استفاده شد. الگوریتم ژنتیک یک تابع تلفیقی و از انواع توابع تجزیه و تحلیل مکانی GIS می‌باشد که امکان انتخاب مکان بهینه را با استفاده از نقشه‌های ورودی و از طریق عملگرهای تلفیقی فراهم می‌کند.

#### ۲-۱- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، یک روش جستجو و بهینه‌سازی بر اساس اصول تکامل طبیعی است. این روش در دسته الگوریتم‌های بهینه‌سازی که قادر به یافتن جواب‌های بهینه عمومی و یا جواب‌هایی که نزدیک به آنها هستند، قرار دارد (زهرایی، ۱۳۸۸). الگوریتم ژنتیک اجازه می‌دهد تا یک جمعیت متشکل از تعداد زیادی افراد که تحت قوانین انتخاب ویژه‌ای تشکیل شده اند، در طی فرایند تکامل تابع برآزش را بهینه کنند. این روش توسط جان هلند از دانشگاه میشیگان با انتشار کتاب به نام سازگاری در طبیعت و سیستم‌های مصنوعی توسعه داده شد. شمس جاوی در سال ۱۳۹۰ در مطالعات اولیه خود، دو هدف شناسایی فرآیند تکامل و سازگاری با طبیعت و شبیه‌سازی آن را در قالب یک فرایند مصنوعی که دارای خواص مشابهی باشد، دنبال کرد.

#### ۲-۲- کاربردهای الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک کاربردهای گوناگونی دارد که از آن جمله می‌توان به روندیابی تغییرات هیدرولوژیکی روان آب جاری در شبکه‌ی رودخانه، کمک در حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره مانند مکان‌یابی و بهینه‌سازی چند هدفه اشاره نمود. در مباحث مربوط به مکان‌یابی صنعتی، به‌دلیل ساختار ناقص و پیچیده آن، می‌توان به نحو مطلوبی از مبنای الگوریتم ژنتیک بهره

جدول (۱): شاخص‌های مکان‌یابی شهرک صنعتی

منابع	ویژگی‌ها	زیر معیار	معیار
(کمالی و دیگران، ۱۳۸۹) (شاد و دیگران، ۱۳۸۸) (شیعه، ۱۳۸۴)	نوع اقلیم مقدار بارندگی رطوبت نسبی سرعت و جهت باد	اقلیم	
	شیب خطوط ارتفاعی	شکل زمین	زیست‌محیطی
	سیل روان‌گرایی زمین‌لرزه	دریایی زمین‌شناسی	مخاطرات
	جنس و نوع خاک فرسایش	خاک‌شناسی	
(کمالی و دیگران، ۱۳۸۹) (شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، ۱۳۸۸) (سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی، ۱۳۸۹)	پارک ملی اثر طبیعی ملی مناطق حفاظت‌شده تالاب‌ها	مناطق حساس زیست‌محیطی	
	سطحی و زیرزمینی	منابع آب	
		گسل‌ها سکونتگاه‌ها خطوط انتقال گاز و برق دریا راه	حریم
		کاربری زمین (زمین‌های کشاورزی)	
(کمالی و دیگران، ۱۳۸۹)	کشاوری - معدن نوع صنایع و میزان اشتغال -	دسترسی به مواد اولیه صنایع موجود در منطقه هزینه حمل‌ونقل	اقتصادی
	هرم سنی جمعیت و روند رشد جمعیت مهاجرت فرستی و مهاجرت‌پذیری بررسی وضعیت اشتغال ساکنین	جمعیتی	اجتماعی
	گاز آب برق فاضلاب مخابرات	دسترسی به	
	جاده راه‌آهن فرودگاه بندر -	دسترسی به شبکه حمل‌ونقل	زیربنایی
		فاصله مناسب با محل دفع زباله	

## ۳-۴-۲- حذف اطلاعات اضافی

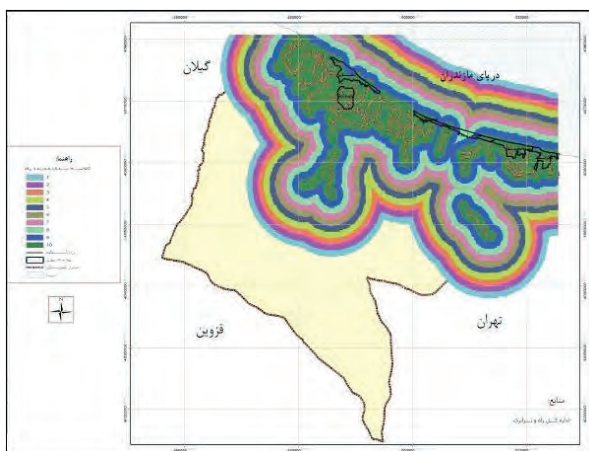
می‌باشند، با استفاده از تحلیل‌های GIS پس از تهیه نقشه شیب شهرستان از روی منحنی‌های میزان خارج شد. به‌عنوان نمونه‌ای دیگر، واحدهای صنعتی باید حریم مشخصی از شهرها را رعایت کنند. این حریم با استفاده از آنالیز بافر محاسبه گردید و پیکسل‌های مربوط از محاسبات خارج شدند. این امر به کم کردن حجم محاسبات در الگوریتم ژنتیک کمک می‌کند. همچنین تأثیر برخی شرایط نظیر بررسی جهت وزش باد، در پایان و پس از اجرای الگوریتم بررسی شد؛ به این صورت که پس از استخراج نتایج، نقاطی که در جهت وزش باد به سمت شهرها قرار دارند، از مجموعه جواب‌ها حذف شدند.

در گام دوم، بعد از قرارگیری لایه‌های مختلف اطلاعاتی در GIS، شامل اطلاعات جغرافیایی (شیب و دسترسی و ...) و سایر اطلاعات مربوط به شاخص‌ها، به دلیل حجم بالای بانک اطلاعاتی، امکان خروجی گرفتن از GIS و تبدیل آن به فرمت اکسل<sup>۴</sup> غیرممکن می‌باشد. بنابراین، با توجه به در نظر گرفتن شرایط، برخی از مقادیر شاخص‌های موجود از کل محدوده شهرستان از محاسبات خارج شدند. به‌عنوان مثال زمین‌هایی که دارای شیب بالای ۱۵٪ بودند به دلیل اینکه برای استقرار صنایع نامناسب

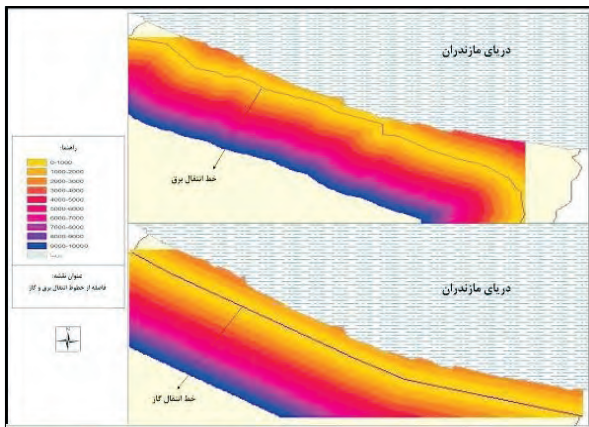
کارشناسی تعیین شده است. با توجه به اهمیت هر یک از کلاس‌ها ارزشی بین ۱ (بدترین ارزش) تا ۱۰ (بهترین ارزش) به آنها داده شد.

جدول (۲): طبقه‌بندی مجدد عامل فاصله از راه‌های اصلی

نقشه فاصله	طبقه‌بندی برحسب متر	ارزش طبقات
	۰۰۰۰ - ۱۰۰۰	۱۰
	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۹
	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰	۸
	۳۰۰۰ - ۴۰۰۰	۷
راه‌های آسفالتی	۴۰۰۰ - ۵۰۰۰	۶
	۵۰۰۰ - ۶۰۰۰	۵
	۶۰۰۰ - ۷۰۰۰	۴
	۷۰۰۰ - ۸۰۰۰	۳
	۸۰۰۰ - ۹۰۰۰	۲
	۹۰۰۰ - ۱۰۰۰۰	۱



نقشه (۴): طبقه‌بندی مجدد راه



نقشه (۵): فاصله از خطوط انتقال برق و گاز

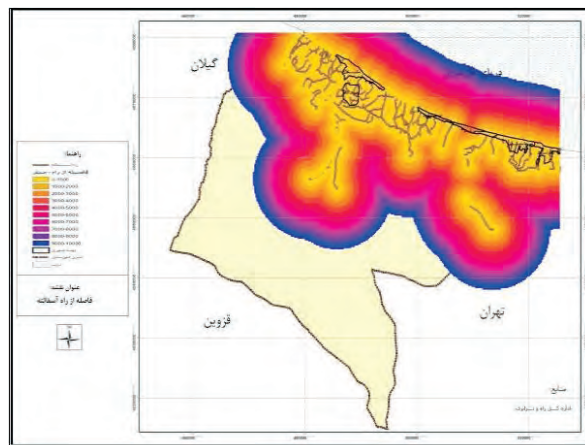
(۲) پردازش لایه دسترسی به تأسیسات، با توجه به اینکه در مدل تلفیقی مکان‌یابی، دسترسی به تأسیسات زیربنایی از جمله خطوط انتقال برق و گاز از جمله مهم‌ترین عوامل در فعالیت یک واحد صنعتی به شمار

### ۳-۴-۳- تبدیل ساختار برداری به ساختار رستری

در گام سوم، با استفاده از قابلیت تبدیل بردار به رستر نرم‌افزار GIS ساختار داده‌ای برداری به ساختار داده‌ای رستری تبدیل شد. ساختار داده‌ای رستری شامل یک شبکه منظم پیکسلی است که هر یک از پیکسل‌های آن حاوی یک مقدار است. هر پیکسل در ساختار رستری نمایشگر مساحتی از زمین است که دقت هندسی فایل رستری وابسته به آن است. جهت ارتباط میان داده‌ها در محیط GIS و الگوریتم ژنتیک، از آنجا که حداقل مساحت موردنیاز برای ایجاد شهرک صنعتی ۳۲۴ هکتار است، محدوده مورد مطالعه با توجه به مقیاس نقشه به شکل شبکه‌ای از مربع‌های هم‌اندازه به ابعاد ۷۵ متر تعیین شد. انتساب مقدار به هر پیکسل نیز از طریق انجام محاسبات بر روی اطلاعات مکانی و توصیفی انجام گرفت.

در جدول (۱) عوامل مؤثر در مکان‌یابی تعیین شدند. در این بخش هر یک از عوامل با توجه به ارتباط آن با مکان شهرک صنعتی به شرح زیر پردازش و آماده‌سازی شد:

(۱) پردازش لایه دسترسی به راه، با توجه به اینکه در مدل تلفیقی مکان‌یابی، فاصله از پارامتر دسترسی مورد نیاز است، فاصله پیکسل‌ها از عوارض به‌عنوان مقدار هر پیکسل در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه راه‌های موجود در این شهرستان به راه‌های آسفالتی، خاکی و شوسه دسته‌بندی می‌شود، بنابراین راه‌های آسفالتی و نقشه فاصله<sup>۵</sup> عامل دسترسی، به‌صورت جدا و مجزا تهیه شد. در نهایت این عامل بر اساس میزان اهمیت کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود طبقه‌بندی مجدد گردید. در جدول (۲) همانطور که مشاهده می‌شود برای وزن دهی به شاخص‌ها از روش رتبه‌ای<sup>۶</sup> استفاده شده است. در این روش به بالاترین مقدار یک متغیر، رتبه ۱ و به مقدار بعدی رتبه ۲ و به مقدار بعدی رتبه ۳ و الی آخر داده می‌شود.



نقشه (۳): فاصله از راه

این رتبه‌بندی می‌تواند به‌صورت نزولی و یا صعودی انجام گیرد و در هر صورت تأثیری در نتیجه کار ندارد. میزان اهمیت هر کلاس نسبت به کلاس‌های دیگر با توجه به تأثیر آن در مکان شهرک صنعتی و نظرات

۵. نقشه فاصله معمولاً برای لایه‌های برداری ایجاد می‌شود. خروجی این عملگر می‌تواند یک لایه رستری باشد که مقدار اختصاص یافته به هر یک از پیکسل‌های آن نشان‌دهنده فاصله پیکسل مورد نظر تا نزدیک‌ترین عارضه موجود در لایه برداری می‌باشد.

### 6. Ranking Method

این  $x$  و  $y$  ها کروموزوم‌های مسئله‌اند. که متشکل از ژن‌ها می‌باشند. (تصویر ۲)

$y = (1, 2, \dots, n)$				
			(۳, ۳)	
	(۱, ۲)			
	(۱, ۱)	(۲, ۱)		
	$x = (1, 2, \dots, n)$			

تصویر (۲): تعیین  $x$  و  $y$  برای بخش‌ها

(۲) توابع هدف: مسئله مکان‌یابی به دلیل تأثیر پارامترهای فراوان جزء مسائل چند هدفه محسوب می‌شود که راه‌حل یا مجموعه راه‌حل‌های نهایی باید همه اهداف را تا حدودی تأمین کنند. به همین دلیل برای حل این‌گونه مسائل با استفاده از الگوریتم ژنتیک به جای یک تابع هدف با چندین تابع هدف مواجه هستیم. الگوریتم طراحی شده مجموعه این توابع را بهینه می‌کند که ممکن است برخی از این توابع با توجه به تأثیرشان در حل مسئله کمینه و برخی دیگر بیشینه شوند. توابع هدف در نظر گرفته شده در این مسئله به تفکیک در جدول (۳) آمده است.

همان‌طور که ذکر شد، در مسئله مکان‌یابی معیارهای مسئله دارای اوزان مختلفی می‌باشند. بنابراین، روش مجموع نرخ‌های کلی وزن‌دار برای محاسبه میزان برازندگی نهایی یک کروموزوم به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

تابع‌ها  $\times$  ضریب

$$f_j = \sum_{i=1}^n f_i w_k$$

یا همان

$$f = w_1 f_1 + w_2 f_2 + \dots + w_n f_n$$

مقادیر پارامترهای اولیه الگوریتم با توجه به صورت مسئله تعیین شد. مهم‌ترین پارامترهای مورد استفاده عبارت‌اند از: اندازه جمعیت اولیه ( $N$ )، احتمالات<sup>۱</sup> مربوط به انتخاب ( $P_S$ )، ترکیب ( $P_C$ )، جهش ( $P_M$ )<sup>۱</sup>، ابقا ( $P_R$ )<sup>۲</sup> و هم‌گرایی ( $P_{CN}$ )<sup>۳</sup>، نوع انتخاب و نوع عملگرهای ترکیب و جهش. پس از ورود اطلاعات شاخص‌های مورد نظر در GIS و آماده‌سازی لایه‌ها و همپوشانی آنها، از اطلاعات با فرمت اکسل خروجی گرفته و تحلیل اطلاعات توسط الگوریتم ژنتیک صورت می‌گیرد. تمامی اطلاعات در الگوریتم نرم‌الیزه شده تا همه هم‌جنس هم باشند و پس از طی مراحل مورد نظر مکان پیشنهادی ارائه می‌گردد.

(۳) تعیین مکان‌های (بهینه): پس از اجرای الگوریتم ژنتیک نتایج آن با محیط نرم‌افزار GIS مرتبط می‌شود. نقشه (۶) موقعیت مکان‌های انتخابی الگوریتم را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ۲۰ مکان مناسب برای مکان شهرک صنعتی انتخاب و تعیین شده است.

می‌رود، بنابراین نقشه فاصله از حریم این لایه‌ها، ایجاد شد. در پایان این عامل بر اساس میزان اهمیت هر کلاس یا واحد اطلاعات مکانی موجود طبقه‌بندی مجدد شد.

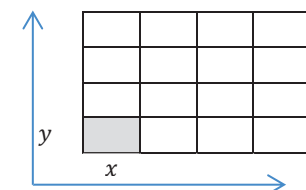
به همین صورت نقشه فاصله از سکونت‌گاه‌ها و صنایع موجود، مخاطرات طبیعی و اراضی کشاورزی تهیه و طبقه‌بندی مجدد شد. نقشه شیب هم همان‌طور که در ابتدای بحث ذکر شد برای کم شدن حجم اطلاعاتی شیب‌های کمتر از ۱۵ انتخاب سپس طبقه‌بندی مجدد و وزن داده شد. پس از آماده‌سازی لایه‌ها، لایه‌های مختلف اطلاعاتی با هم هم‌پوشانی شدند.

### ۳-۴-۴- خروجی گرفتن از اطلاعات

در گام چهارم، پس از هم‌پوشانی لایه‌های مختلف اطلاعاتی، از داده‌های با فرمت اکسل خروجی گرفته شد تا در مرحله بعد وارد محیط نرم‌افزار مطلب<sup>۴</sup> شده و توسط الگوریتم ژنتیک تحلیل انجام گیرد. با توجه به ساختار داده مکانی مورد استفاده، الگوریتم‌های ژنتیک متنوعی را می‌توان برای مکان‌یابی طراحی کرد. بنابراین، فرآیند مکان‌یابی در هر یک از مدل‌های داده‌ای برداری و رستری به دلیل تفاوت‌های اساسی در اجزای آنها متفاوت خواهد بود. عمده توابع مورد استفاده در تحلیل‌هایی مانند مکان‌یابی که نیازمند تلفیق داده مکانی می‌باشند توابع مربوط به همپوشانی لایه‌هاست. پارامترهای اصلی و مورد نیاز برای تشکیل ساختار مسئله مکان‌یابی و الگوریتم حل آن، که در این تحقیق نیز اجرا شده است، به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۱) کروموزوم و ژن‌ها: در مسئله مکان‌یابی شهرک صنعتی کروموزوم‌های ما در واقع مجموعه‌ای از  $x$  و  $y$  هایی هستند که متعلق به هر یک از بخش‌ها یا همان مربع‌های با ابعاد ۷۵متری می‌باشند. بنابراین  $x$  و  $y$  ها کروموزوم‌های مسئله می‌باشند. که متشکل از ژن‌ها هستند. ژن‌ها در واقع فرضیات تحقیق می‌باشند.

چنانچه تصویر (۱) را که به صورت شماتیک رسم شده است به عنوان محدوده اطراف شهر مورد نظر فرض کنیم، به هر یک از مربع‌های مفروض (که مساحتی معادل ۳۳۴ هکتار دارند)، یک  $(x, y)$  نسبت می‌دهیم. باید در نظر داشته باشیم که این  $(x, y)$  ها مختصات جغرافیایی نقاط در روی زمین نیستند، اعدادی از ۱ تا  $n$  تنها برای حل کردن مسئله توسط الگوریتم است. به عنوان مثال در تصویر (۱) مربع علامت‌گذاری شده دارای مشخصات (۱, ۱) است. به همین ترتیب برای هر مربع با توجه به محور  $x$  ها و  $y$  ها عدد مربوطه را تعیین می‌کنیم (تصویر ۲).



تصویر (۱): تعیین  $x$  و  $y$  برای بخش‌ها

8. Probability
9. Percent of selection
10. Probability of crossover
11. Probability of mutation
12. Probability of regeneration
13. Probability of convergency

7. Matlab



توجه قرار گرفته است. الگوریتم ژنتیک در مقایسه با سایر روش‌هایی که در مکان‌یابی کاربری‌ها استفاده می‌شود روش مناسب‌تری است. الگوریتم ژنتیک، یک روش جستجو و بهینه‌سازی بر اساس اصول تکامل طبیعی است. این الگوریتم به علت توانایی خود در یافتن بهینگی کلی، قابلیت انعطاف در برابر مجموعه‌های پیچیده و ساده‌سازی در اجرا از اهمیت زیادی برخوردار است.

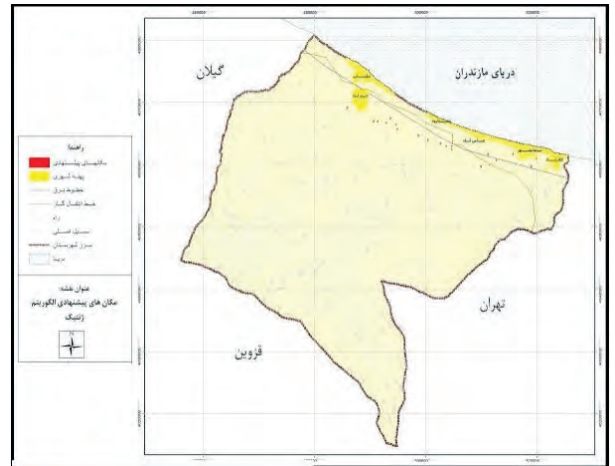
بر اساس کاربرد الگوریتم ژنتیک در این تحقیق و تعداد محدودی از مطالعات گذشته می‌توان نتیجه گرفت که قدرت الگوریتم ژنتیک در مباحث بهینه‌یابی، در مقایسه با روش‌های دیگر بسیار زیاد بوده و نتایج بسیار دقیق‌تری را به دست می‌دهد.

پیشنهادها:

(۱) شهرستان تنکابن قطب کشاورزی محسوب می‌شود و وظایف تخصصی کشاورزی آن شامل زراعت، باغداری، دامداری و شیلات است. صنایع تبدیلی شیلات رودخانه‌ای با توجه به پتانسیل آبی‌پروری شهرستان تنکابن، می‌تواند به‌عنوان حلقه متصل بین اقتصاد کشاورزی و صنعت باشد. بنابراین رونق و توسعه صنایع تبدیلی سبب کاهش ضایعات، توسعه صادرات، ایجاد اشتغال و عرضه مناسب‌تر محصولات می‌شود، (۲) در مکان‌یابی کاربری‌ها و روش‌های بهینه‌یابی، همان‌طور که از نتیجه مکان‌های بهینه شهرک صنعتی شهرستان تنکابن نیز مشاهده می‌شود، مدل الگوریتم ژنتیک به عنوان بهترین مدل پیشنهاد می‌شود. زیرا مجموعه جواب‌ها از دقت بالاتری نسبت به سایر مدل‌های تلفیقی برخوردار است، (۳) به‌کارگیری روش‌های علمی چون GIS و بررسی مدل‌های مختلف تلفیقی می‌تواند در مکان‌گزینی این‌گونه سایت‌ها نقش مؤثری داشته باشد، (۴) روش به‌کار گرفته شده در این مطالعه قابلیت تعمیم به سایر مناطق را دارد، به‌این ترتیب که تعیین معیارها بایستی با توجه به ویژگی‌های محدود مورد مطالعه، تغییر پیدا کند و (۵) یکی از مسائل اساسی در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی اولویت‌بندی (وزن‌دهی) مناسب به معیارهای تصمیم‌گیری است، که این مسئله با توجه به ویژگی‌های محدود مورد مطالعه متفاوت است.

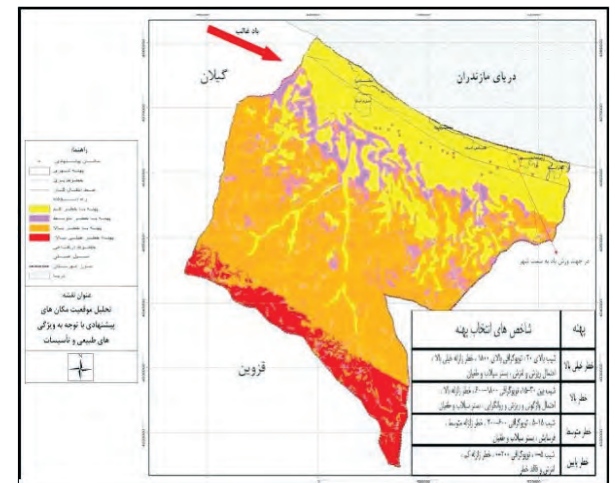
### مراجع:

۱. اسماعیلیان، علیرضا، (۱۳۸۲)، بررسی شهرک‌های صنعتی در استان اصفهان، مجله اقتصادی، شماره ۲۹ و ۳۰.
۲. بامداد، نوشین، و دیگران، (۱۳۸۶)، متدولوژی مکان‌یابی صنایع. مهندسین مشاور رهشهر.
۳. توفیق، فیروز، (۱۳۸۴)، آمایش سرزمین، تجربه جهانی و انطباق آن با وضع ایران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
۴. شاد، روزبه، و دیگران، (۱۳۸۸)، طراحی و اجرای GIS کاربردی جهت مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از مدل‌های فازی، وزن‌های نشان‌گر و ژنتیک، نشریه دانشکده فنی، دوره ۴۳، شماره ۴.
۵. شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، (۱۳۸۸)، کتاب مقررات شهرسازی و معماری و طرح‌های توسعه و عمران مصوب شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، نشر توسعه ایران، چاپ دوم.
۶. خسروی، آذین، (۱۳۹۱)، مکان‌یابی دانشگاه جامع با الگوریتم ژنتیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.



نقشه (۶): مکان‌های پیشنهادی الگوریتم ژنتیک

مکان‌های پیشنهادی حاصل از نتایج الگوریتم ژنتیک در نقشه (۷) با توجه به ویژگی‌های طبیعی، مخاطرات و زیرساختی مورد بررسی قرار گرفته و انتخاب شده‌اند. همان‌طور که در نقشه نیز مشاهده می‌شود، ۲۰ مکان پیشنهادی با توجه به معیارهای تعریف شده، مکان‌گزینی شده‌اند. در منطقه پهنه خطر کم، شیب بین ۵-، ۰، توپوگرافی ۲۰-، پهنه خطر زلزله کم و فاقد خطر سیل قرار دارند. از آنجا که در مکان‌گزینی معیار اقلیم از جمله جهت باد امکان‌مکانی شدن و اجرا در مدل را نداشت، در نتیجه این معیار پس از نتیجه کار سنجیده و مکان‌هایی که در مسیر وزش باد به سمت شهر بودند، حذف شدند. جهت باد غالب در شهرستان تنکابن شمال غربی است. از ۲۰ مکان پیشنهادی الگوریتم ژنتیک، یک مکان در مسیر جهت باد به سمت شهر سلمان شهر قرار دارد که در نقشه (۷) نیز مشخص و از مکان‌های انتخابی حذف شد.



نقشه (۷): تحلیل موقعیت مکان‌های پیشنهادی با توجه به ویژگی‌های طبیعی، مخاطرات و تأسیسات

### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از حل مسئله برای شهرستان تنکابن کارایی فوق‌العاده این روش را در مکان‌یابی شهرک صنعتی نشان داد. الگوریتم ژنتیک به علت تصمیم‌گیری‌های دقیق، انعطاف‌پذیری، بهبود کیفیت و حداقل کردن ناسازگاری‌های انسانی نسبت به سایر روش‌های استانداردسازی بیشتر مورد

۱۷. مهندسان مشاور مازند طرح، (۱۳۸۵). مطالعات آمایش استان مازندران، تحلیل وضعیت و ساختار شهرک‌های صنعتی استان، جلد اول.
۱۸. مهندسان مشاور مازند طرح، (۱۳۹۰). مطالعات جغرافیایی طرح توسعه و عمران ناحیه تنکابن - رامسر.
۱۹. مهندسان مشاور مازند طرح، (۱۳۹۱). طرح تهیه اسناد توسعه اشتغال و سرمایه‌گذاری در سطوح ملی، دستگاهی و استانی، بخش یک: مطالعات جمعیت، نیروی انسانی، اشتغال و بیکاری؛ وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی.
۲۰. نصراللهی، زهرا، (۱۳۹۱). عوامل مؤثر بر مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با توجه به شاخص‌های توسعه پایدار و اولویت‌بندی آنها با استفاده از اعداد فازی مثلثی، فصلنامه علمی پژوهشی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، سال دوم، شماره هفتم.
21. Brookes, C.J. (2001). A Genetic Algorithm for Designing Optimal Patch Configuration in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*. Vol 15.
22. Carmen Ruiz Puente et all. (2007). The Development of a New Methodology Based on GIS and Fuzzy Logic to Locate Sustainable Industrial Area. 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2007 Aalborg University, Denmark.
23. Fernandez, M.C. Ruiz (2009). Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas. *Journal of Cleaner Production*.
24. Eiben, A.E ; Smith, J.E. (2007). *Introduction to Evolutionary Computing*. Springer.
25. Gloeckner, P.H. (2002). *Industrial Estates an Instrument for Development and Promotion*. Lahore.
26. University of Massachusetts (2006). *Industrial Park Site Assessment Analysis for the Franklin Regional Council Of Governments Franklin county*.
۷. خالصی، بهاره، (۱۳۸۷). بررسی مکان‌گزینی شهرک‌های صنعتی در ایران نمونه موردی: شهرک صنعتی ایران خودرو در تاکستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده هنر و معماری. دانشگاه تربیت مدرس.
۸. زهرایی، بنفشه، و حسینی، موسی، (۱۳۸۸). الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی مهندسی، ناشر گوتنبرگ.
۹. سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی، (۱۳۷۰). تاریخچه و وضعیت شهرک‌های صنعتی ایران.
۱۰. سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی، (۱۳۸۰). تاریخچه و وضعیت شهرک‌های صنعتی ایران.
۱۱. شرکت شهرک‌های صنعتی استان مازندران، (۱۳۸۷). تحلیل وضعیت شهرک‌های صنعتی استان.
۱۲. عباسی نژاد، حسین، و عبدلی، گیلدا، (۱۳۸۷). تجمع‌های صنعتی و منطقه‌ای، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۸.
۱۳. فرقانی، علیف (۱۳۸۶) ف ارائه چارچوبی برای مکان‌یابی مراکز صنعتی در سطح ملی، نشریه دانش مدیریت، شماره ۷۷.
۱۴. کمالی، محمدرضا، مهاجر زاده، سید محمد، معصومی، رحیم؛ (۱۳۸۹). کتاب اصول و معیارهای مکان‌یابی صنایع راهبردی، ناشر مینای خرد.
۱۵. مددی، محسن، (۱۳۸۲). ارزیابی مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی استان چهارمحال بختیاری: نمونه موردی شهرک صنعتی شهرکرد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۱۶. مطیعی لنگرودی، سید حسن، (۱۳۸۰). اثرات اقتصادی - اجتماعی شهرک‌های صنعتی در نواحی روستایی مطالعه موردی: شهرک صنعتی مشهد، نشریه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۱.