

به کارگیری روش‌های سلسله مراتبی و فازی در مکان‌یابی پالایشگاه نفت تبریز

پریناز رشیدی*^۱، سید شهرام نقیب‌زاده^۲، عبدالرسول سلمان ماهینی^۳، حسین وارسته مرادی^۴، علیرضا میکائیلی^۳، هومن خزلی^۵، صیاد شیخی^۶

۱ دانشجوی دکترای محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تونته، هلند
۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، مدرس دانشگاه ولایت، ایران شهر
۳ دانشیار دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴ استادیار دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵ کارشناس ارشد علوم محیط‌زیست، شرکت مهندسی آمایشگران پویای محیط
۶ دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۱؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۰۴/۰۱)

چکیده

شهر تبریز، یکی از شهرهای متروپل صنعتی و تجاری واقع در شمال غرب ایران است. هدف اصلی مطالعه حاضر، انجام تحلیل‌های مکانی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور مکان‌یابی محدوده‌های بهینه با حداقل آثار سوء محیط‌زیستی برای محل پالایشگاه نفت تبریز است. به همین منظور، ابتدا لایه‌های متعدد اطلاعاتی نظیر نقشه شیب، کاربری اراضی، زمین لغزش، خطوط ارتباطی، فاصله از مراکز شهری، محدوده‌های حفاظتی، مناطق مسکونی، نوع کاربری حاضر و هیدرولوژی وارد نرم افزارهای ادریسی و آرک جی آی اس شدند و پایگاه اطلاعاتی ویژه‌ای تشکیل شد. سپس، در مرحله دوم لایه‌های رقوم بر اساس استانداردهای موجود وزن‌دهی و طبقه‌بندی شدند. در مرحله سوم، با هدف یافتن مکان‌های مناسب برای محل پالایشگاه نفت، الگوریتم‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیلی نظیر تحلیل سلسله مراتبی، ترکیب وزنی خطی بر لایه‌های موجود اعمال شد. نتایج این مطالعه بهترین مکان‌ها را برای تاسیس پالایشگاه نفت در منطقه، نشان می‌دهد. از این رو، با استفاده از این روش در ارزیابی آثار محیط‌زیستی می‌توان به صورت تصویری میزان مطلوبیت و عدم مطلوبیت هر نوع توسعه را بر محیط نشان داد.

کلید واژه‌ها: شهرستان تبریز، مکان‌یابی پالایشگاه نفت، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

سرآغاز

مکان‌یابی واحدهای صنعتی مانند هر پروژه مهندسی دیگر، به اطلاعات پایه و برنامه‌ریزی دقیق نیازمند است. انتخاب فاکتورهای متعدد سبب پیچیدگی تحلیل می‌شود و کوشش‌ها برای یافتن راه حلی مناسب برای تحلیل تعداد زیاد لایه‌های اطلاعاتی و اخذ نتیجه صحیح، تصمیم‌گیران را به طور ناخودآگاه به سمت استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر درستی بالا از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشد. امروزه، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، به طور گسترده قابلیت به‌کارگیری در برنامه‌ریزی‌های محیط زیستی و مسایل مهندسی را دارا می‌باشند. در سال‌های اخیر، مطالعات مکان‌یابی به عنوان یکی از عناصر کلیدی در موفقیت و بقای مراکز صنعتی مطرح است. مطالعات مکان‌یابی هم در سطح ملی و هم در سطح بین‌المللی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. احداث یک یا چند واحد صنعتی در مکان‌های بهینه و در بهترین وضعیت ممکن، نه تنها گردش مواد و خدمات به مشتریان را بهبود می‌بخشد، بلکه کارخانه را در یک وضعیت مطلوب قرار می‌دهد. تصمیم‌های مرتبط با انتخاب و فراگیری ویژگی‌های مکان‌یابی یک مرکز، می‌تواند اثر بزرگی بر توانایی کسب و حفظ مزیت رقابتی باشد (Mazzrol & Choo, 2003). انجام مطالعات مکان‌یابی‌های درست و مناسب، علاوه بر تاثیر اقتصادی بر عملکرد واحد صنعتی، آثار اجتماعی، محیط‌زیستی، فرهنگی و اقتصادی در محیط‌زیست خواهد داشت. روش تحلیل سلسله‌مراتبی^(۱) (AHP) که یکی از تکنیک‌های چند معیاره است توسط ساعتی (Saaty, 1980) توسعه داده شد. این روش، به منظور حل مسایل تصمیم‌گیری پیچیده در زمینه‌های مختلفی از جمله برنامه‌ریزی، ارزیابی منابع، اندازه‌گیری عملکرد، اختصاص منابع، انتخاب بهترین سیاست از میان تعدادی گزینه و اولویت بندی به کار رفته است.

روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، یکی از روش‌های رایج در مکان‌یابی است. تزنگ و همکاران (Tzeng et al., 2002)، از این روش به منظور مکان‌یابی یک رستوران در تایپه استفاده کردند. آنها گزینه‌های مختلف را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مورد ارزیابی قرار دادند. آلفونسه (Alphonse, 1997)، در مطالعه‌ای به نام کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در کشاورزی کشورهای در حال توسعه از

این روش به منظور پیدا کردن مکان فروشگاه‌های محصولات کشاورزی استفاده کرد. در ایران نیز تحقیقات متنوعی در زمینه مکان‌یابی‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، انجام گرفته است از جمله (امینی، ۱۳۸۵)، با روش‌های تحلیلی مختلف به مکان‌یابی محل دفن زباله در شهر ساری پرداخته است. وی در این تحقیق، از دو روش بولین و فازی استفاده کرده است. (شاه‌علی، ۱۳۸۵) نیز، مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری زنجان را با روش فازی انجام داده است. (رشیدی، ۱۳۸۷)، با استفاده از روش CAPS^(۲) که بر پایه تحلیل چند متغیره و روش فازی می‌باشد به انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی استان گلستان پرداخت. فرقانی و همکاران از روش فازی AHP به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها برای احداث یک کارخانه آلومینیم در جنوب ایران استفاده کرده‌اند. (نقیب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹)، روش‌های سلسله‌مراتبی و فازی را برای مکان‌یابی کارخانه فولاد سبزوار به کار برده‌اند. استفاده از روش ذکر شده برای مکان‌یابی پالایشگاه شهر تبریز علاوه بر معرفی آن به صاحب‌نظران می‌تواند نقاط ضعف و قوت آن را آشکار سازد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق شهرستان تبریز است که با ارتفاع متوسط ۱۴۳۰ متر از سطح دریا موقعیت جغرافیایی ۴۶°۱۱ و ۴۶°۲۳ طول شرقی ۳۸°۱ و ۳۸°۹ عرض شمالی قرار گرفته است. شکل (۱)، نشان‌دهنده موقعیت محدوده مورد مطالعه است.

روش پژوهش

داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

برای انتخاب یک مکان مناسب به منظور احداث پالایشگاه نفت، لایه‌های اطلاعاتی لازم باید جمع‌آوری و وارد محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی شوند. در این تحقیق، ضمن استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از لایه‌های متعدد اطلاعاتی نظیر نقشه شیب، کاربری اراضی، زمین لغزش، خطوط ارتباطی، لایه فاصله از مراکز شهری، محدوده‌های حفاظتی، مناطق مسکونی، نوع کاربری حاضر و هیدرولوژی برای مکان‌یابی محل پالایشگاه نفت تبریز استفاده شده است. پس از استخراج لایه‌های

فرایند سلسله مراتب تحلیلی

این روش، یک ابزار ساده برای حل مسایل پیچیده‌ای است که در آنها تعداد معیارها زیاد و متفاوت می‌باشد و تعیین برتری آنها مشکل است. در این روش، عوامل مؤثر سطح به سطح شکسته می‌شوند و عوامل سطوح وابستگی به یکدیگر ندارند. سپس، عوامل مؤثر توسط ماتریس زوجی اولویت‌بندی می‌شوند (درجات اهمیت: خیلی ضعیف: ۱، ضعیف: ۳، متوسط: ۵، خوب: ۷، عالی: ۹).

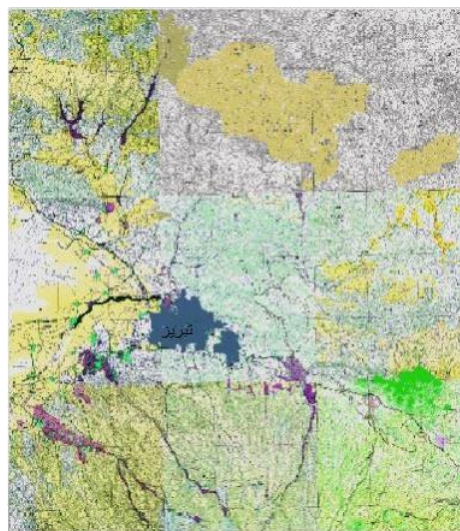
مقایسه عناصر تصمیم‌گیری به صورت دو تایی

این روش، بر پایه مقایسه‌های زوجی استوار است که توسط ساعتی در قالب فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارایه شده است (Satty, 1988). در مقایسات زوجی برای تعیین ضریب اهمیت نسبی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند. مبنای قضاوت برای مقایسه‌های زوجی یک جدول ۹ کمیتی است که بر اساس آن و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری معیار i نسبت به معیار j تعیین می‌شود (زبردست، ۱۳۸۰). این روش، از پیچیدگی مدل به طور قابل توجهی می‌کاهد. زیرا، تنها دو مؤلفه در یک زمان بررسی می‌شوند. نقطه قوت مقایسه‌های زوجی به کمک روش پیشنهاد شده توسط ساعتی، بررسی سازگاری در قضاوت انجام شده است. یعنی زمانی که معیار A_i در مقایسه با معیار A_k مهم‌تر است و معیار A_k نیز از معیار A_j مهم‌تر است، باید انتظار داشت که معیار A_i از معیار A_j مهم‌تر باشد. چون ماتریس توسط افراد مختلف تکمیل می‌شود و رجحان‌های متفاوت به کار گرفته می‌شوند، باید سنجش‌ای برای بررسی ناسازگاری به کار گرفته شود (توفیق، ۱۳۷۲).

معیارهای مکان‌یابی و تعیین وزن واحدها در هر لایه اطلاعاتی

به منظور مکان‌یابی سرزمین، معیارهایی که نشان دهنده استعداد سرزمین برای هدف مورد نظر می‌باشد، در نظر گرفته شد. در این پروژه، به منظور مکان‌یابی پالایشگاه نفت نیاز به وزن‌دهی شکل زمین، راه‌ها، زمین‌شناسی، مناطق مسکونی، نوع کاربری حاضر، هیدرولوژی و فاکتورهای حفاظتی می‌باشد. برای پارامترهای اکولوژیک (شکل ۲) و پارامترهای اقتصادی اجتماعی (شکل ۳) به طور جداگانه پرسش‌نامه‌هایی آماده شد و وزن واحدها در هر لایه اطلاعاتی با استناد به منابع مختلف در مکان‌یابی و نظر کارشناسی به‌دست آمد.

اطلاعاتی مختلف، نقشه‌ها به صورت لایه‌های قابل استفاده در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مدنظر برای تحلیل تبدیل شدند تا جهت عملیات مکان‌یابی اقدام شود. تبدیل کردن نقشه‌های مورد نیاز به فرمت‌های مناسب و مورد قبول نرم‌افزارهای ایردسی^(۳)، آرک جی آی اس ۹،۲^(۴) و ایردسی^(۵) بخشی از عملیات انجام گرفته در این مرحله بود.



شکل (۱): محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (متکان و همکاران، ۱۳۸۷)

مدل‌های مورد استفاده

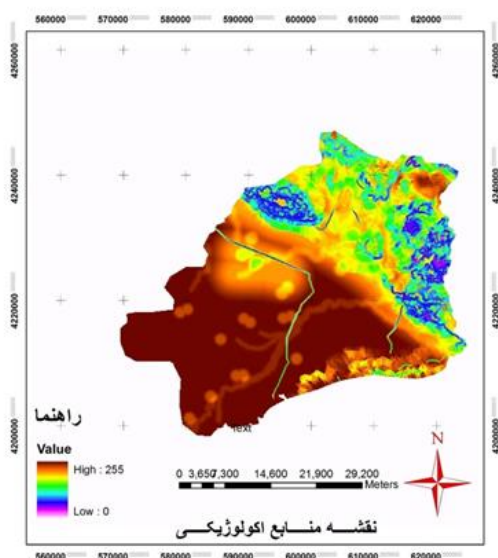
مبانی تصمیم‌گیری در سامانه اطلاعات جغرافیایی مدل‌ها هستند (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰). مدل بیان ساده‌ای از جهان واقعی است (Benders, 1996)، به طوری که مدل‌ها به منظور جمع‌بندی جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی و اکولوژیک محیط‌زیست به کار گرفته می‌شوند و از طریق آن می‌توان آثار یا نشان‌زدهای فعالیت‌های انسانی را در مقیاس زمانی و مکانی ارزیابی نمود (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰). یک مدل ممکن است دارای اهداف خاص مثل پیش‌بینی، پهنه‌بندی، مکان‌یابی و مانند آن باشد. به طور معمول، تا یک حد مشخص هر چه عوامل بیشتری در ارایه یک مدل دخیل باشند، دقت مدل بالاتر خواهد بود و همچنین بر پیچیدگی مدل هم افزوده خواهد شد. بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را ارایه نماید (آل‌شیخ، ۱۳۸۰). دو مدل به کار رفته در این تحقیق عبارت از: مدل منطق فازی^(۶) و مدل سلسله مراتبی می‌باشند.

یافته‌ها

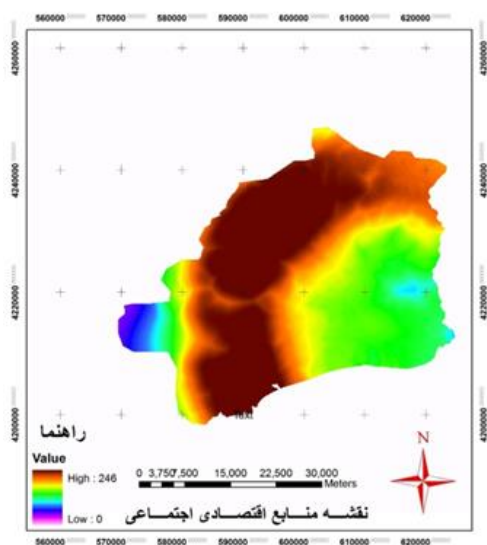
Ci: محدودیت i

II: علامت ضرب

خروجی ترکیب خطی وزن داده شده تصویر نهایی شایستگی برای مکان‌یابی پالایشگاه نفت می‌باشد (شکل ۴). این تصویر در مقیاسی بین صفر و ۲۵۵ درجه‌بندی شده است که نشان‌دهنده این است که اعداد بزرگ‌تر مطلوبیت بیشتری دارند. به عبارت دیگر، عدد ۲۵۵ بالاترین مطلوبیت را دارد و عدد صفر فاقد مطلوبیت می‌باشد و طیفی از مقادیر بین این دو عدد قرار می‌گیرند که هرچه به ۲۵۵ نزدیک‌تر شویم، مطلوبیت افزایش می‌یابد.



شکل (۲): نقشه منابع اکولوژیکی



شکل (۳): نقشه منابع اقتصادی - اجتماعی

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در هر مدل بدون در نظر گرفتن ارزش هر یک از لایه‌های اطلاعاتی و واحدهای مربوط به آنها نمی‌تواند نتایج درستی را در بر داشته باشد. مجموعه فازی، مجموعه‌ای بدون مرز است که عضویت یک مکان در مجموعه به صورت تدریجی تغییر می‌کند (Zadeh, 1965). در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار مورد نظر را رعایت می‌کند، مقدار عضویتی می‌گیرد که بیان‌کننده میزان مطلوبیت آن ناحیه می‌باشد. بدین معنی که هر ناحیه، با مقدار عضویت بالاتر از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. در منطق فازی مساله قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یک درجه‌بندی می‌شود. یعنی عدد ۱ از بالاترین مطلوبیت و عدد صفر فاقد مطلوبیت می‌باشد و طیفی از ارزش‌ها بین این دو عدد قرار می‌گیرد. توابع ریاضی برای ایجاد مجموعه‌های فازی استفاده می‌شوند. برای ایجاد لایه‌ها و مجموعه‌های فازی از توابع مختلف مانند آستانه خطی، S شکل، هایپربولیک و سایر توابع دیگر می‌توان استفاده کرد. توابع ذکر شده در نرم افزار ادریسی به صورت آماده وجود دارند و علاوه بر این توابع، کاربر می‌تواند با توجه به نیاز خود، تابع را تعریف کند. برای ایجاد مجموعه‌های فازی توابع عضویت را می‌توان به اشکال افزایشی، کاهشی و متقارن اعمال کرد (Eastman, 2001). برای مثال: در رابطه با معیار فاصله تا مناطق حفاظت شده، هر چه این فاصله بیشتر باشد و از محل احداث پالایشگاه نفت دورتر باشد، بهتر است. در نتیجه، در این مورد از تابع افزایشی استفاده می‌کنیم. وزن‌دهی به پارامترها از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، صورت پذیرفت و نتایج حاصل شد. در وزن‌دهی به پارامترهای اکولوژیکی، معیار شیب از همه مهم‌تر و معیار ارتفاع از بقیه پارامترها کم اهمیت‌تر در نظر گرفته شده است. در وزن‌دهی به پارامترهای قابلیت مدیریت، معیار فاصله از شهر از همه مهم‌تر و معیار فاصله از جاده از همه کم اهمیت‌تر فرض شده است. برای ادغام پارامترها و محدودیت‌ها از روش ادغام خطی وزن داده شده (رابطه ۱) استفاده شد.

$$S = \sum w_i x_i \Pi C_i \quad \text{رابطه (۱)}$$

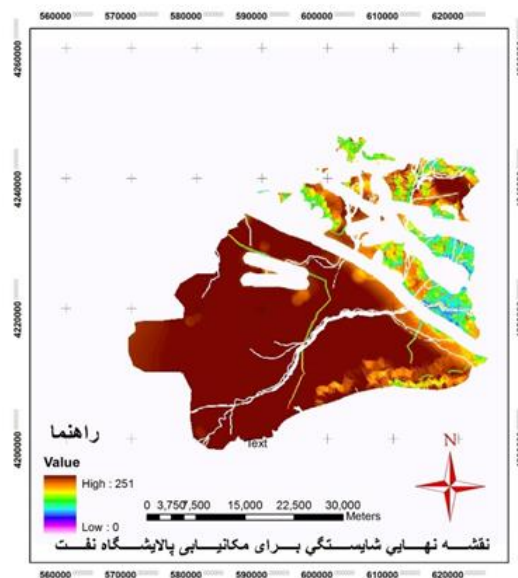
S: مطلوبیت

wi: وزن معیار i

xi: ارزش بی‌مقیاس شده معیار i

بحث و نتیجه‌گیری

تعیین محل یک مرکز صنعتی یکی از کلیدی‌ترین گام‌های تأسیس یک کارخانه است. زیرا، نتایج این تصمیم در دراز مدت ظاهر شده و آثار به‌سزایی از بعد اقتصادی، محیط‌زیست، مسایل اجتماعی و مانند آن دارد. یکی از تأثیرهای درون‌سازمانی، تأثیر مستقیم آن در سوددهی واحد صنعتی خواهد بود و از بعد برون‌سازمانی، ساخت مراکز صنعتی بزرگ در یک منطقه می‌تواند شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، محیط‌زیست و غیره را تحت تأثیر خود قرار دهد (فرقانی و همکاران، ۱۳۸۶). در این مطالعه، هدف اصلی ارزیابی توان سرزمین به منظور مکان‌یابی پالایشگاه نفت است. بنابراین، به‌منظور ارزیابی سرزمین، معیارهایی که نشان‌دهنده استعداد سرزمین برای مکان‌یابی پالایشگاه نفت بوده است در نظر گرفته شد. سپس، با رویه ترکیب خطی وزنی شده (WLC) (۷) باهم ترکیب شدند تا شاخص مطلوبیت سرزمین به‌دست آید (شکل ۴). این شاخص ابزار مناسبی جهت تصمیم‌گیری در ارتباط با تخصیص سرزمین برای پالایشگاه نفت می‌باشد که سه گام فرایند تصمیم‌گیری به پیشنهاد سیمون (Simon, 1960) شامل شناخت، طراحی و انتخاب را نشان می‌دهد.



شکل (۴): نقشه نهایی شایستگی مکان‌یابی پالایشگاه نفت

در مرحله ارزیابی، تمام پیکسل‌های منطقه مورد مطالعه به عنوان داوطلب یا گزینه‌های قابل بررسی در نظر گرفته شدند. در مرحله سوم، فرایند تصمیم‌گیری، رویه ترکیب خطی وزن داده شده

(WLC) به‌عنوان قانون تصمیم‌گیری به کار گرفته شد و شاخص مطلوبیت برای هر یک از گزینه‌ها به‌دست آمد. نتیجه حاصل از مکان‌یابی به روش ترکیب خطی وزن داده شده (WLC)، نشان می‌دهد پالایشگاه نفت کنونی به همراه منطقه پیشنهادی اول با مطلوبیت ۲۲۷ و ۲۲۸ به‌عنوان اولویت اول معرفی و منطقه پیشنهادی دوم با مطلوبیت ۲۱۸، به عنوان اولویت دوم پیشنهاد می‌شود (شکل‌های ۵، ۶ و ۷).

رویه ترکیب خطی وزن داده شده (WLC) از قدیمی‌ترین روش‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چند معیاره است (اصغری‌پور، ۱۳۸۱) که به دلیل آسانی به کارگیری این رویه، بارها مورد استفاده قرار گرفته است. این رویه توسط هر سیستم سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) (۸) که توانایی انجام روی هم‌گذاری (۹) را داشته باشد، قابل انجام است. فرایند تصمیم‌گیری فوق مستلزم لحاظ کردن داده‌های مکانی متعددی است. سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) قادر است تا داده‌های مربوط به موقعیت مکانی پدیده‌ها را همراه اطلاعات توصیفی آنها به طور یکپارچه نگهداری و به طور همزمان جهت طراحی، برنامه‌ریزی و حل مشکلات مورد استفاده قرار دهد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰). قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) موجب شده است که به صورت گسترده به عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری استفاده شود (Haklay et al., 1998). از آن جا که مبانی تصمیم‌گیری در سامانه اطلاعات جغرافیایی، مدل‌ها هستند (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰)، بنابراین در این تحقیق مدل ارزیابی سرزمین ارایه شد. سپس، به کمک GIS تصمیم‌گیری انجام شد. نقشه مطلوبیت به‌دست آمده خروجی مدل ارزیابی سرزمین است. نقشه خروجی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشه حاصل از یک تجزیه و تحلیل در سامانه اطلاعات جغرافیایی و پاسخی به یک سوال (در این پروژه مکان‌های مناسب برای پالایشگاه نفت) یا فرایند تصمیم‌گیری است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰). یافته‌های این تحقیق، توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در الگوسازی و کمک به مکان‌یابی مراکز صنعتی و ترکیب معیارهای مختلف اکولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی را در مدل نشان داد. با توجه به طیف وسیع کلاس‌بندی، که در روش‌های سلسله مراتب تحلیلی و فازی استفاده می‌شود، می‌توان قدرت تصمیم‌گیری تصمیم‌گیران را بالاتر برد و با نتایج حاصل شده در جهت کاهش هزینه‌ها اعم از هزینه‌های اقتصادی و محیط‌زیستی، اقدام‌های مناسبی را اعمال نمود.

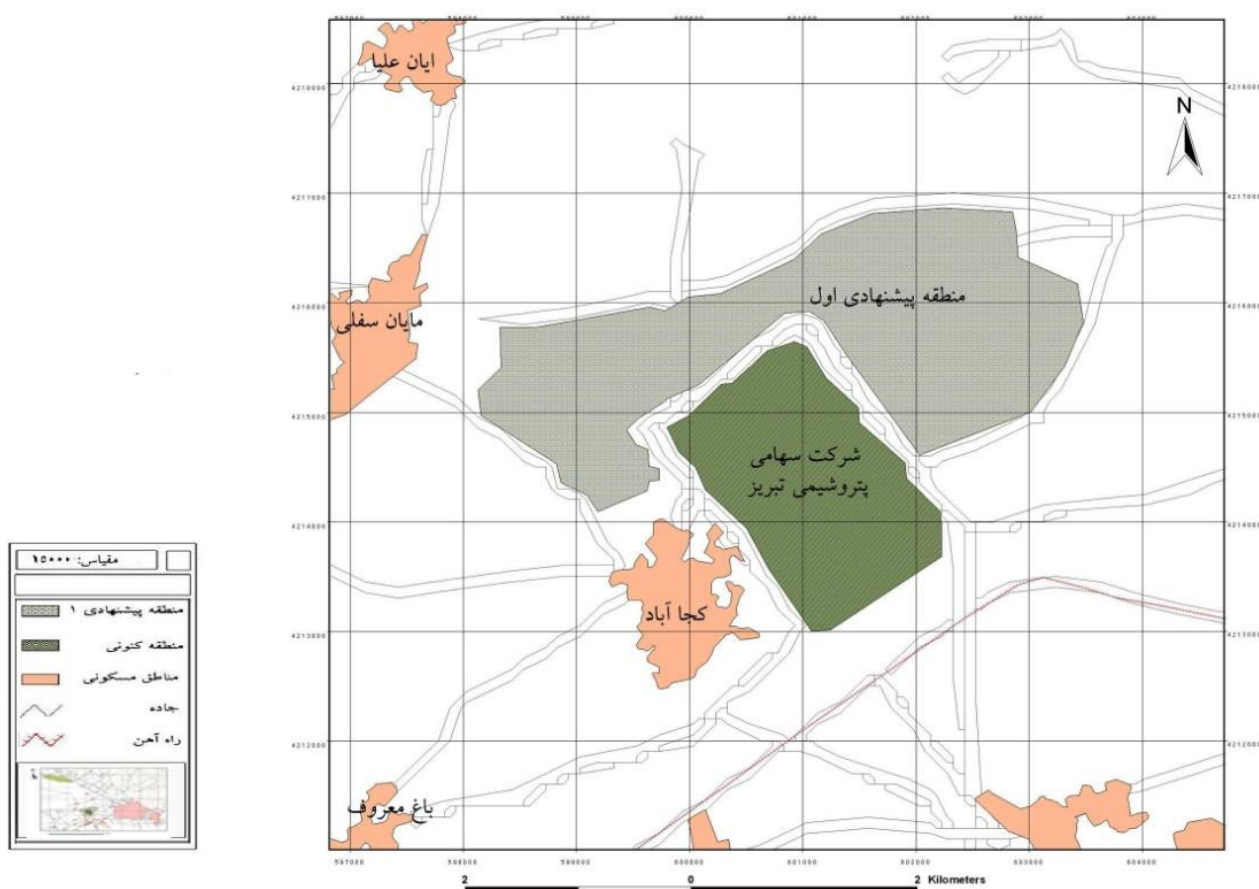
یادداشت‌ها

1. Analytical Hierarchy Process
2. Conservation Assessment and Prioritization System
3. Erdas
4. Arc Gis 9.2
5. Idrisi
6. Fuzzy Logic
7. Weighted Liners Combination
8. Geographic Information System
9. Overlay

در این تحقیق، از رویه ترکیب خطی وزن داده شده به منظور تلفیق لایه‌های اطلاعات معیارها با همدیگر استفاده شد. این مدل از انواع جبرانی مدل‌های تصمیم‌گیری است. در این مدل‌ها، اجازه تبادل بین شاخص‌ها وجود دارد. بنابراین، پایین بودن مقدار یک شاخص توسط سایر شاخص‌ها با ارزش بالا جبران می‌شود. پیشنهاد می‌شود: از روش‌های تصمیم‌گیری دیگری مانند میانگین‌گیری مرتب شده وزن داده شده استفاده و نتایج آن با نتایج این مطالعه مقایسه شود.

تشکر و قدردانی

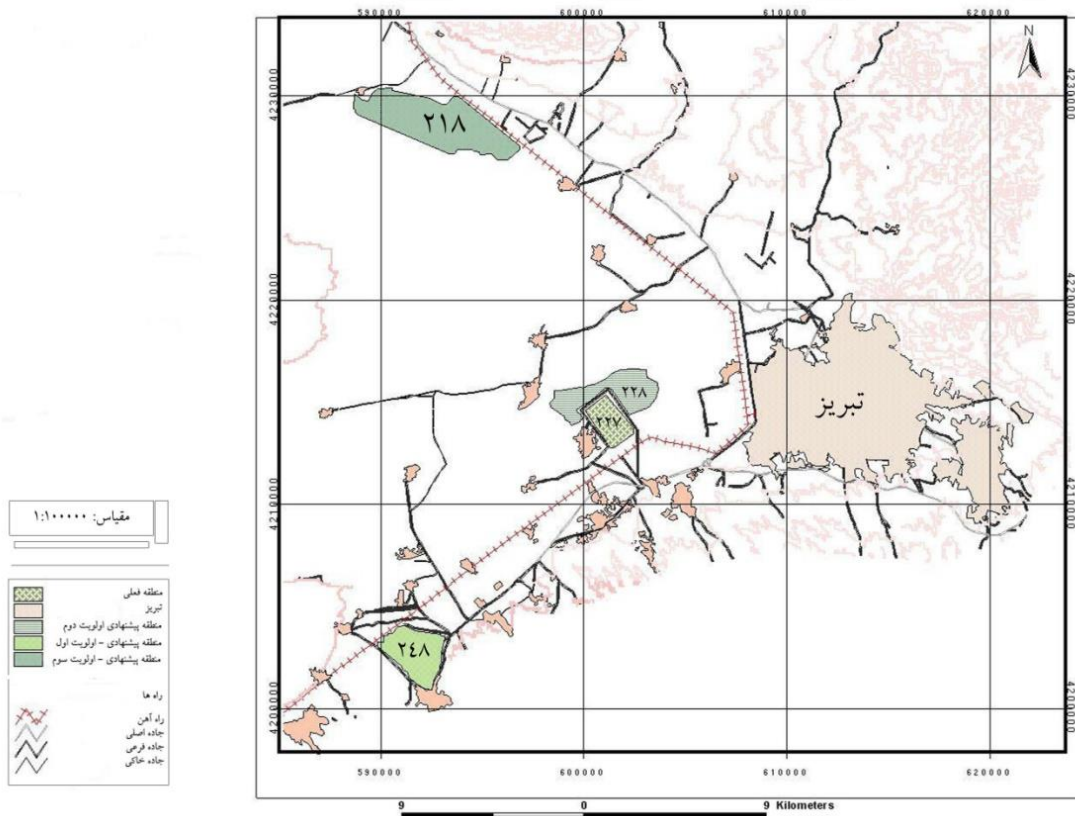
از شرکت آمایشگران پویای محیط که نهایت همکاری را در زمینه جمع‌آوری اطلاعات و امکان انجام این تحقیق را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.



شکل (۵): منطقه پیشنهادی اول



شکل (۶): منطقه پیشنهادی دوم



شکل (۷): مناطق پیشنهادی به منظور احداث پالایشگاه نفت در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰

فهرست منابع

- آل‌شیخ، ع. ۱۳۸۰. کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب، مجله تحقیقات جغرافیایی، مقاله شماره ۵۵۱.
- اصغرپور، م. ج. ۱۳۸۱. تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۹۸ ص.
- امینی، م. ۱۳۸۵. مکان‌یابی دفع مواد زائد جامد شهری با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور در محیط GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، صفحه ۷۰-۷۳.
- توفیق، ف. ۱۳۷۲. ارزشیابی چندمعیاری در طرح‌ریزی کالبدی. نشریه آبادی. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.
- رشیدی، پ. ۱۳۸۷. انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی استان گلستان با استفاده از نظام ارزیابی و اولویت‌بندی حفاظت (CAPS). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۱۵ ص.
- زبردست، ا. ۱۳۸۰. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. هنرهای زیبا ۱۰: ۱۳-۲۱.
- سالنامه آماری استان گلستان. ۱۳۸۵. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان. ۴۵۸ ص.
- شاه‌علی، ح. ۱۳۸۵. مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهرزنجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- فرقانی، ع.؛ یزدان‌شناس، ن. و آخوندی، ع. ۱۳۸۶. آرایه چهارچوبی برای مکان‌یابی مراکز صنعتی در سطح ملی همراه با مطالعه موردی. نشریه دانش و مدیریت. سال بیستم. شماره هفتاد و هفتم.
- متکان، ع.؛ شکیبا، ع.؛ پورعلی، س. ح. و نظم‌فر، ح. ۱۳۸۷. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفع پسماند با استفاده از GIS. مجله علوم محیطی. ۶ (۲): ۴۵-۵۶.
- مخدوم، م.؛ درویش‌صفت، ع.؛ جعفرزاده، ه. و مخدوم، ع. ۱۳۸۰. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۴ ص.
- نقیب‌زاده، س. ش.؛ رشیدی، پ.؛ سلمان ماهینی، ع. ر.؛ وارسته مرادی، ح.؛ خزلی، ه. و شعبانعلی فمی، ح. ۱۳۸۹. به کارگیری روش‌های سلسله‌مراتبی و فازی در مکان‌یابی کارخانه فولاد سبزوار. اولین همایش ژئوماتیک در منابع طبیعی و محیط زیست.
- Alphonse, C. B. 1997. Application of the analytic hierarchy process in agriculture in developing countries. *Agricultural systems* 53, 97-112.
- Benders, R. M. J. 1996. Interactive simulation of electricity demand and production. Ph.D. Thesis, University of Groningen, Groningen, The Netherlands.
- Eastman, J. 2001. Idrisi 32 release 2. Manual version 32.20. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
- Haklay, M.; Feitelson, E. & Doytsher, Y. 1998. The potential of a GIS-based scoping system: an Israeli proposal and case study. *Environmental impact assessment review* 18, 439-459.
- Mazzarol, T. & Choo, S. 2003. A study of the factors influencing the operating location decisions of small firms. *Property Management* 21, 190-208.
- Saaty, T.L. 1988. *What is the analytic hierarchy process?* Springer.
- Simon, H. A. 1960. *The new science of management decision*. New York.
- Tzeng, G.-H.; Teng, M.-H.; Chen, J.-J. & Opricovic, S. 2002. Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei. *International Journal of Hospitality Management* 21, 171-187.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. *Information and control* 8, 338-353.