

## مکان‌یابی دفن بهداشتی زباله‌های جامد شهری اهواز با استفاده از نرم افزار و مدل Visual PROMETHEE و نرم افزار Arc Gis

سیروس قنبری<sup>۱</sup>، محسن شایان<sup>۲\*</sup>، اکبر دهبان نژادیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری برنامه ریزی روستایی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۶/۲۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۴/۱۷

### چکیده

انتخاب محل دفن پسماندها یکی از مراحل مهم در مدیریت پسماندهای جامد شهری می باشد و با توجه به اثرات مخرب زیست محیطی، اقتصادی و اکولوژیکی پسماندها، انتخاب محل دفن باید با دقت و طی یک فرایند علمی صورت گیرد. اصول بهداشت و بهسازی محیط، در هر شهری ایجاب می کند که زباله ها در حداقل زمان ممکن، از منازل و محیط زندگی انسان دور شده و در اسرع وقت دفع گردند. با افزایش تولید روزانه زباله، لزوم تعیین مکانی مناسب برای دفن بهداشتی زباله های شهری در شهر اهواز بیش از پیش آشکار شده است. انتخاب مکان مناسب برای دفن بهداشتی زباله، مستلزم در نظر گرفتن عوامل و معیارهای متعددی (معیارهای فاصله از فرودگاه، فاصله از گسل، فاصله از شهر، فاصله از رودخانه، فاصله از شهر، نزدیکی به کاربری اراضی، جنس خاک، جهت باد، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آبهای زیر زمینی و فاصله از راههای ارتباطی) است. هدف این تحقیق مکان‌یابی بهینه دفن زباله شهر اهواز با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار و مدل Visual PROMETHEE است. روش پژوهش توصیفی و تحلیلی است که در بخش توصیفی به مطالعه اسنادی و کتابخانه ای پرداخته شده است و در بخش تحلیلی، با بررسی عوامل موثر در مکان‌یابی دفن زباله ها در محیط نرم افزاری Visual PROMETHEE به بررسی داده های خام و سپس برای تجزیه و تحلیل نهایی وارد محیط Arc GIS شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد با توجه به اهمیت تمامی معیارها، بهترین مکان پیشنهادی برای دفن بهداشتی زباله ها در شهر اهواز، شرق و تا حدودی شمال شرق این شهر می باشد که این مکان‌ها از استانداردهای لازم برای تحقق این امر برخوردارند.

**کلید واژه‌ها:** زباله، مکان‌یابی، Arc GIS، Visual PROMETHEE، شهر اهواز

## مقدمه

امروزه مسایل زیست محیطی چالش برانگیزترین حوزه توسعه پایدار را تشکیل می‌دهد (بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۶). رویکردهای جدید برای طراحی، برنامه ریزی و مدیریت مناطق شهری به آگاهی ما از علت‌ها، گاه شناسی و تاثیرات فرایندهای شهرسازی و عوامل مشتق از آن‌ها وابسته خواهد شد (حجاری، ۱۳۹۴: ۱۰۶). افزایش جمعیت شهری و بویژه الگوی تغییر مصرف در دهه‌های اخیر سبب شده که حجم سرانه زباله تولیدی افزایش چشمگیری داشته باشد (یمانی و علیزاده، ۱۳۹۴: ۸۰). افزایش جمعیت جهان و شهرنشینی، مقامات شهری را برای مدیریت پسماندهای جامد شهری به چالش کشیده است (نیکزاد و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۲۲). توسعه شتابان شهرنشینی با پیامدهای اجتماعی اقتصادی، فضایی و زیست محیطی فراوانی همراه بوده است (علی اکبری و جمال لیوانی، ۱۳۹۰: ۹۶). رشد روزافزون جمعیت و افزایش شهرنشینی در کنار کاهش منابع تجدیدنپذیر و قرار گرفتن این منابع در معرض ضایعات سمی و خطرناک از بزرگترین مشکلات محیط زیست می‌باشد که جهت حفظ زندگی انسانها باید این معضلات بر طرف شوند (بنی اسد و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۲). افزایش روزمره تولید مواد زائد شهری یکی از مهمترین عوامل تهدید کننده سلامت و محیط زیست جهانی است (معین الدینی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۸۴) این مساله در کنار فقدان سیاست‌گذاری‌ها و ارزیابی عملکردهای شهری براساس طرح آمایش سرزمین و تداوم تخلیه مواد زائد به محیط از جمله عوامل بحران زایی است که محیط‌زیست انسان‌ها را در معرض خطر قرار داده است (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۳۴). زباله‌های جامد در شهرها از نتایج طبیعی فعالیت‌های انسانی است (Suman Paul, 2012: 74). مکانیابی دفن زباله‌های شهری فرایندی پیچیده است که شامل پارامترهای اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی، فنی همچنین قوانین دولتی می‌شود. همچنین نیازمند پردازش حجم عظیمی از داده‌های فضایی است (حجاری، ۱۳۹۴: ۱۰۶). فرایند مکانیابی، باتکیه بر اطلاعات کاملی از سرزمین انجام می‌شود تا اطمینان حاصل شود که استقرار محل دفن به‌خوبی صورت گرفته است. از سوی دیگر نحوه به‌کاربردن این اطلاعات و نحوه تصمیم‌گیری در انتخاب محل دفن، موضوع مهم و دارای اهمیت فراوان است (حجاری و همتی، ۱۳۹۵: ۷۴). عدم توجه به مطالعات ژئومورفولوژیکی در فرایند برنامه‌ریزی شهری بخصوص در امر مکانیابی دفن زباله مشکلاتی مانند سیل‌گیری، نفوذ شیرابه در آب‌های زیرزمینی و آلودگی آب‌های سطحی، قرارگیری بر اراضی ناپایدار و بروز مشکلات ریزش، خزش و غیره را به دنبال دارد (یمانی و علیزاده، ۱۳۹۴: ۸۰). در میان شهرهای جنوبی بویژه مراکز بزرگ جمعیتی مانند اهواز بدلیل محدودیت‌های طبیعی و نیز عدم وجود برنامه‌های اصولی با معضل بزرگ دفن اصولی مواد زاید جامد شهری روبرو می‌باشند در شهر اهواز بدلیل تماس مستقیم زباله‌های دفن شده با آب‌های زیرزمینی و انتقال شیرابه به منابع آب و نیز بازیافت غیر اصولی زباله، انجام مطالعات مکان‌یابی و طراحی مدفن بهداشتی، مهندسی زباله شهر اهواز به عنوان یک ضرورت با اولویت بسیار زیاد در دستور کار قرار گرفته است. هدف نهایی این تحقیق، ارزیابی تناسب منطقه مورد مطالعه، به منظور تعیین مکان بهینه جهت دفن بهداشتی زباله‌های شهری و پیشنهاد رویه مدیریت مطلوب دفع پسماندهای جامد شهر اهواز می‌باشد.

در زمینه مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری مطالعاتی بدینگونه انجام گرفته است:

حجازی و همتی (۱۳۹۵) به بررسی مکان یابی دفن بهینه زباله روستای ليقوان با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه (ANP) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مناطق کاملاً مناسب ۲۳/۹۸ درصد از میزان مساحت منطقه و نامناسب ۲۱/۵۴ درصد از میزان مساحت منطقه مورد نظر را به خود اختصاص داده است. عرب عامری و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی کاربرد شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) در مکان یابی دفن پسماند جامد شهری با تاکید بر خصوصیات هیدروژئومورفیک فریدون شهر پرداختند و در نهایت پس از تعیین بهترین ساختار شبکه مدل اجرا و منطقه مورد مطالعه به ۵ کلاس خیلی مساعد، مساعد، نسبتاً مساعد، نامساعد و خیلی نامساعد طبقه بندی شد. بهترین دقت مدل ۰/۹۹ به دست آمد که بیانگر کارایی بالای پرسپترون چندلایه برای پهنه بندی است. یمانی و علیزاده (۱۳۹۴) به بررسی مکانیابی بهینه دفن زباله های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداختند به چنین نتیجه گرفتند که که نواحی کاملاً مناسب برای دفن زباله در قسمت شرقی و جنوبی منطقه در حوالی روستای محمد آباد افشار و نواحی کاملاً نامناسب برای دفن زباله ناحیه غربی منطقه به دلیل قرارگیری نواحی جمعیتی و کشاورزی و عمق کم آب زیر زمینی (۷ تا ۳۲ متر) در این قسمت از منطقه می باشد. رضویان و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی مکانیابی محل دفن پسماند جامد شهر اردبیل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مکان یابی محل دفن زباله فعلی مطابق با استانداردها نامناسب است؛ بنابراین مکان بهینه جهت جانمایی محل دفن پسماند در ۳۲ کیلومتری جنوب غربی شهر اردبیل پیشنهاد شد. رنجبر و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی پهنه بندی و مکان یابی دفن پسماندهای شهر تبریز پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که دفن پسماندهای شهری در کلان شهر تبریز با توجه به وضعیت آب های زیر زمینی و سازندهای زمین شناسی آن چندان مطلوب نبوده و نیاز به بازیافت زباله از طریق احداث کارخانه کمپوست احساس می شود. بنی اسد و همکاران (۱۳۹۲) به تعیین مکان های مناسب دفن پسماندهای جامد شهری در آستارا با استفاده از روش AHP و منطق فازی پرداختند که پس از اولویت بندی فاکتورها به روش تحلیل سلسله مراتبی و تلفیق آن ها در نرم افزار ArcGIS و نقشه هایی که براساس مدل منطق فازی ترکیب شدند، مناطق مناسب دارای تمام شرایط لازم انتخاب و پیشنهاد گردید.

افضلی و همکاران (۲۰۱۴) پژوهشی با عنوان انتخاب سایت دفن زباله بین شهری با استفاده از فرایند تحلیل شبکه (ANP) را جهت انتخاب مکان بهینه دفن زباله شهر خمینی شهر و شش شهر مجاور آن با جمعیتی بالغ بر نیم میلیون نفر انجام داده اند. ایشان در پژوهش خود ترکیبی از روش های منطق بولی، فازی و فرایند تحلیل شبکه (ANP) را برای اولویت بندی معیارهای مرتبط، استانداردسازی لایه ها و در نتیجه انتخاب مکان بهینه دفن زباله مورد استفاده قرار داده اند. پینار یال و آغگون (۲۰۱۳) تحقیقی با عنوان انتخاب محل دفن زباله و طراحی سایت دفن خطی برای آنکارا جهت مکانیابی سایت دفن زباله با استفاده از مدل تصمیم گیری چند معیاره به انجام رسانده اند. ایشان در تحقیق خود برای تعیین ضریب اهمیت معیارها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، جهت تحلیل کارتوگرافیکی از نرم افزارهای ساج و انتخاب بهترین گزینه از روش اولویت بندی شباهت به راه حل ایده آل (تاپسیس) استفاده کرده اند. معیارهای مورد استفاده در پژوهش یادشده عبارت بودند از: فاصله از سکونتگاه ها، شیب، نزدیکی به جاده ها، زمین شناسی، در دسترس بودن و نزدیکی محل دفن زباله به مواد مهار قابلیت کشاورزی خاک، فرسایش، پوشش گیاهی و غیره. داتا (۲۰۱۲) در مقاله ای با عنوان ژئوتکنولوژی ابزاری برای کنترل زیست محیطی سایت های دفن زباله

که نتیجه تحقیقات بیست ساله نویسنده در ارتباط با ژئوتکنولوژی زیست‌محیطی در هند بوده است. نقش ژئوتکنولوژی را در طراحی اقدامات کنترل خطرات زیست‌محیطی سایت‌های دفن زباله، از جمله شیرابه‌های زباله‌ها و گازهای انتشار یافته متذکر شده است. صهناز و همکاران (۲۰۱۰) در ترکیه با استفاده از ترکیب AHP و GIS به بررسی مکان مناسب برای دفن زباله پرداختند. آنها در این کار از ۹ لایه اطلاعاتی استفاده کردند و در نهایت براساس این اطلاعات منطقه مورد مطالعه را به ۴ طبقه مناسب، متوسط، نامناسب و خیلی نامناسب طبقه‌بندی کردند. نیشانت و همکاران (۲۰۱۰) در کشور هند اقدام به مکانیابی دفن زباله با استفاده از GIS و RS نمودند آنها در مطالعه خود علاوه بر GIS از تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده کردند و اعلام کردند که GIS وسیله‌ای خوب و عالی برای آنالیز و بررسی موجودیت محیط زیست می‌باشد و RS در فراهم کردن نگاهی مختصر به یک منطقه بزرگ بسیار کارآمد است.

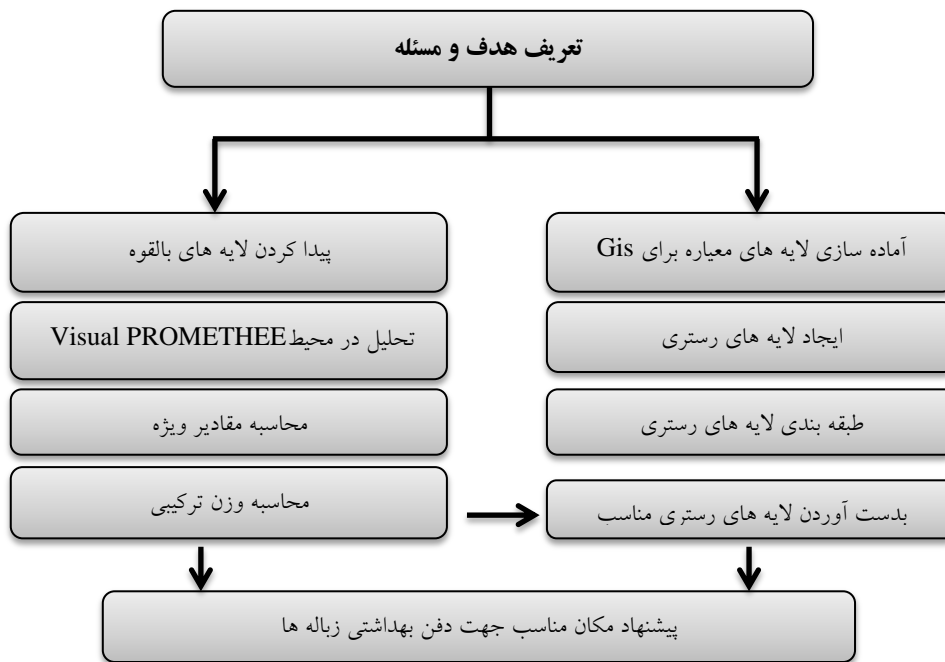
مکان‌یابی در علوم مربوط به زمین، عملیاتی است که طی آن فرد متخصص با ارائه نیازها، اهداف و اطلاعات وضع موجود به دیگر کارشناسان، نظیر ترافیک، اقتصاد، جامعه‌شناسی، روانشناسی، جغرافیا، زمین‌شناسی، هواشناسی، زیست‌شناسی و جمع‌بندی آنها در قالب نظرات و اهداف خود در پی دستیابی به بهترین انتخاب از انتخاب‌های موجود برای کاربری موردنظر است. مکان‌یابی بهینه و مناسب، زمانی امکان‌پذیر است که محقق بتواند ارتباط علمی و منطقی مناسبی میان اطلاعات و داده‌های به دست آمده از کارشناسان مرتبط با موضوع مکانیابی با توجه به اولویتها برقرار سازد (یمانی و علیزاده، ۱۳۹۴: ۸۲). دفن بهداشتی مواد زاید مقوله‌ای است دارای مراحل دقیق اعم از انتخاب مکان، آماده سازی آن و بهره‌برداری از محل که هر کدام نیاز به انجام مطالعات و اعمال مدیریت صحیح دارند. در صورتی که عملیات دفن بهداشتی پسماندها، فرآیندی است با مراحل حساس و نیازمند دقت نظر و مطالعات تخصصی و طراحی در مکانیابی آماده سازی و اعمال مدیریت صحیح در مرحله بهره‌برداری می باشد (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۷۰). محیط‌های شهری مهمترین بستر زندگی برای بخش اعظم جمعیت در حال افزایش دنیاست. رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی و تغییر در روش و نگرش زندگی مردم مشکلات بسیاری را در شهرهای بزرگ پدید آورده است (کرم و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۸). با پیدایش کلانشهرها و متعاقب آن افزایش میزان زائدات و زباله‌های شهری، علاوه بر افزودن بر مشکلات شهری، تهدیدی جدی برای محیط‌زیست و بهداشت افراد جامعه است. تولید و مصرف انبوه مواد که حاصل انقلاب صنعتی و تکنولوژی جدید است؛ الگو و شیوه زندگی انسان‌ها را دگرگون کرده و علاوه بر افزایش تولید زباله، ترکیب و نوع زباله‌های تولیدی را نیز تغییر داده و بر حجم انواع پسماندها افزوده است (عمرانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۴۸-۱۴۷). در چنین شرایطی جهت مقابله با آثار سوء زباله‌های تولیدی، باید راهکار مناسبی را اتخاذ کرد که از جمله این راهکارها انتخاب مکان مناسب برای دفن مواد زائد جامد شهری است که مهمترین عامل در دفع بهداشتی مواد محسوب می‌شود (رضویان و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۸-۶۷). مکانیابی و مدیریت صحیح محل دفن زباله به عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار محسوب می‌شود، به گونه ایی که یافتن محل مناسب برای این مهم از ضروریات طرح‌های توسعه شهری جهت نیل به توسعه پایدار است (رامشت و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۲۰). محل‌های دفن پسماندها نیز به دلیل آنکه در معرض عوامل فیزیکی و بیولوژیکی محیط قرار دارند، در طی زمان دچار تغییراتی می‌شوند که از جمله این تغییرات میتوان به تولید شیرابه و نفوذ آن به لایه‌های تحتانی خاک،

آلودگی آب زیرزمینی، تولید و انتشار گازهای ناشی از تجزیه پسماند مانند متان و دی اکسیدکربن و در نهایت نشست محل اشاره کرد (عابدینزاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰۶). فقدان توجه به مسائل زیست محیطی در بسیاری از شهرهای کشور به عنوان یک دشمن پنهان، محیط زیست محل دفن و همچنین زیستگاه‌های انسانی مجاور آن را مورد تهدید قرار داده و زیان‌های جبران‌ناپذیری را به محیط طبیعی و جوامع انسانی وارد می‌کند. جهت اجتناب از خطرات بالقوه ناشی از مواد زائد شهری باید به مدیریت محیط‌زیستی محل دفن زباله توجه کرده و در مکان‌یابی آن پارامترهای محیط‌زیستی را در نظر گرفت. با توجه به موارد یادشده و جهت دوری از آثار سوء محل دفن زباله، ملزم به رعایت اصولی در مکان‌یابی‌ها خواهیم بود. در حقیقت محل مورد نظر باید در جایی باشد که سبب آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی نگردد، زمین کافی به نسبت مسطح با خاک غیرقابل استفاده موجود باشد، تأثیر منفی بر چشم انداز و اکولوژی منطقه نداشته باشد، وزش باد، بو و آلودگی آن را به فضای شهر انتقال ندهد، عدم تجاوز به حریم شهرهای دیگر و... از جمله عوامل دیگری هستند که در انتخاب این نوع مکان‌ها نقش دارند (رضویان و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۸-۶۷).

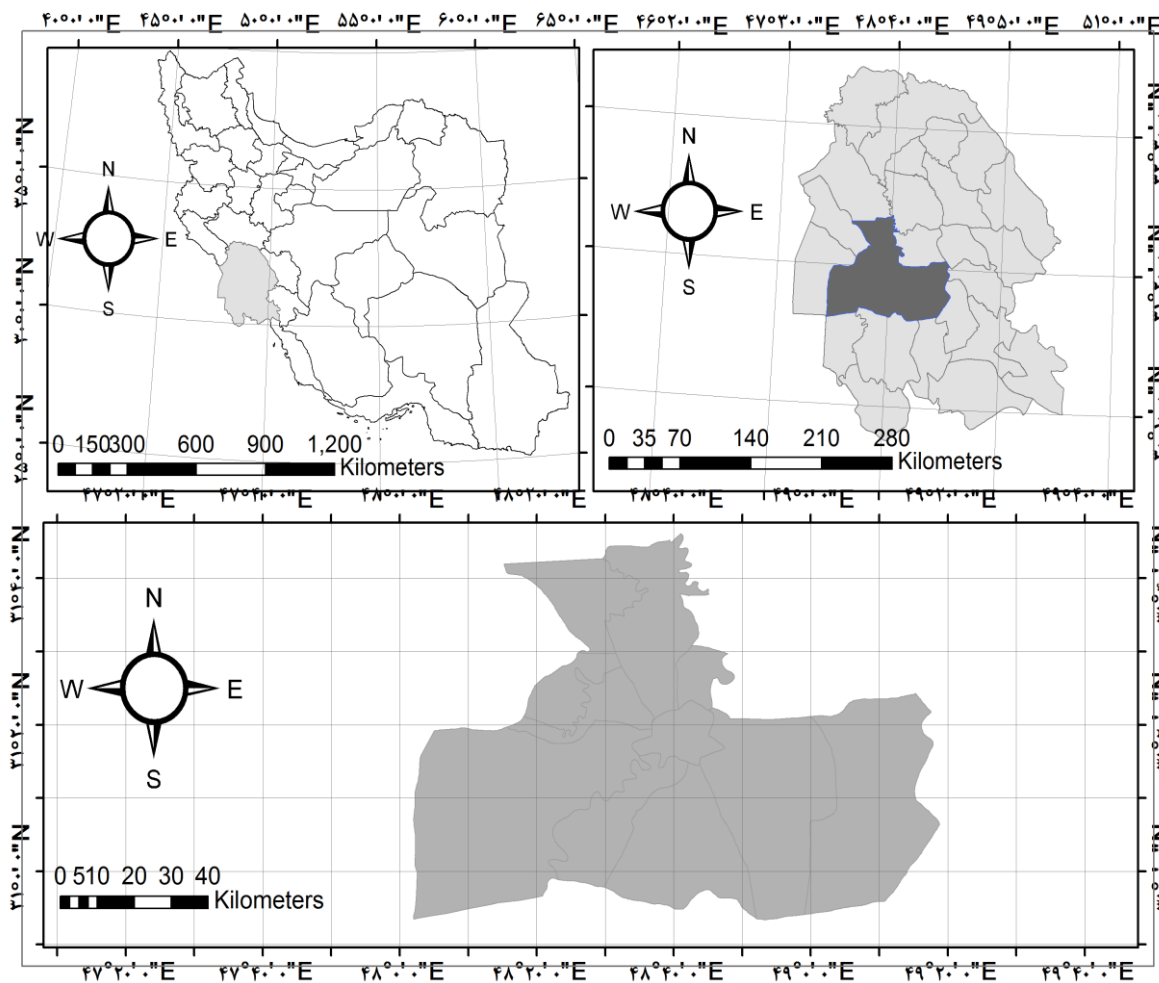
### روش پژوهش

روش پژوهش توصیفی و تحلیلی است. در بخش توصیفی به مطالعه اسنادی و کتابخانه ای پرداخته شده است. در بخش تحلیلی، با بررسی عوامل موثر در مکان‌یابی دفن زباله‌ها در محیط نرم افزاری Visual PROMETHEE به بررسی داده‌های خام و سپس برای تجزیه و تحلیل نهایی وارد محیط Arc GIS شده‌است. از ترکیب لایه‌های ذکر شده به نتیجه نهایی جهت پیشبرد اهدافمان استفاده کرده‌ایم. شاخص‌های به کار رفته در این پژوهش شامل مسکونی، رودخانه، باد، آب زیر زمینی، خاک، کاربری اراضی، شهر، گسل و فرودگاه می‌باشد. در ابتدا نمودار شماره یک مدل مفهومی فرایند پژوهش بکار رفته را نشان می‌دهد.

شهر اهواز به عنوان یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان از نظر جغرافیایی در ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی در جلگه‌ای با ارتفاع ۱۸ متر از سمت دریا قرار گرفته است. این شهر با مساحت ۲۲۰ کیلومتر مربع دومین شهر وسیع ایران پس از تهران می‌باشد. شهر اهواز از سمت شمال به شهرهای شیبان، ویس، ملاتانی، دزفول و شوش، از شرق به شهرستان رامهرمز، از غرب به شهر حمیدیه و دشت آزادگان و از سمت جنوب به شهرهای شادگان، بندر ماهشهر، خرمشهر و آبادان محدود می‌گردد. وسعت شهر اهواز در محدوده قانونی شهری ۲۲۲ کیلومتر مربع، در محدوده خدماتی ۳۰۰ کیلومتر مربع و در محدوده استحفاظی ۸۹۵ کیلومتر مربع. این شهر دارای هشت منطقه شهرداری است که هر یک دارای سه یا چهار ناحیه می‌باشد (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۴: ۳). بر اساس آمار سال ۱۳۹۰ شهر اهواز در محدوده مصوب استانداری دارای ۱۱۱۲۰۲۱ نفر و در محدوده خدمات شهری شهرداری دارای ۱۲۱۰۶۱۸ نفر جمعیت بوده است (معاونت برنامه ریزی و توسعه، ۱۳۹۱: ۲۵). نقشه شماره ۱ بیانگر محدوده جغرافیایی شهر اهواز می‌باشد.



شکل ۱: مدل مفهومی فرایند پژوهش منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی شهر اهواز ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

## یافته‌های پژوهش

## تحلیل داده‌ها در ساختارمدل PROMETHEE و نرم افزار Visual PROMETHEE

روش پشتیبانی تصمیم‌گیری PROMETHEE را دو بلژیکی به نام‌های «ژان پی‌یر برنر» و «برتراند مارسکال» در دهه ۱۹۸۰ ارائه دادند (مومنی، ۱۳۹۰: ۱۶۹). روش PROMETHEE یکی از روشهای نونارتبه ای است که برای رتبه بندی مجموعه ای متناهی از گزینه ها در میان معیارهای بیشتر متناقض استفاده می شود. در واقع این مدل طراحی شده است تا مسائل چند معیاره را حل کند (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۳). این روش در زمره تکنیک‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری چند شاخصه<sup>۱</sup> می‌باشد که باعث تحول در روش‌های رتبه‌بندی شده است روش‌های PROMETHEE به صورت چند تصمیم‌گیرنده عمل می‌کنند. ترکیب این روش‌ها با روش‌هایی مانند GAIA، ابزار مفیدی را برای تحلیل ارتباط میان شاخص‌ها و تصمیم‌گیرندگان ایجاد می‌کند و شکاف زمانی تا هنگام توافق بر سه تصمیم را از بین می‌برد (نصیری و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۱۲). مدل‌های گوناگونی از این روش برای بررسی مسائل تصمیم‌گیری ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان PROMETHEE I (برای رتبه بندی جزئی گزینه‌ها)، PROMETHEE II (برای رتبه بندی کامل گزینه‌ها)، PROMETHEE III (برای رتبه بندی بر مبنای بازه پایدار)، PROMETHEE IV (برای حالات پیوسته)، PROMETHEE V (برای حل مسائل تصمیم‌گیری با محدودیت‌ها)، PROMETHEE VI که با توسعه ابزار آنالیز حساسیت از آن یاد می‌شود (آل شیخ، ۱۳۹۰: ۱۰۵). در این مدل رتبه‌بندی گزینه‌ها با مقایسه زوجی گزینه‌ها در هر شاخص، انجام می‌شود. مقایسه بر پایه یک تابع برتری از پیش تعریف شده با دامنه ی  $[0, +1]$  اندازه‌گیری می‌شود تابع برتری  $P$ ، برای مقایسه دو گزینه  $a$  و  $b$  از نظر شاخص  $j$  به گونه‌ی زیر می‌باشد (مومنی و شریف سلیم، ۱۳۹۰: ۱۷۰-۱۸۹):

$$P_j(a, b) = P_j[d_j(a, b)]$$

**گام ۱:** درگام نخست باید برپایه رابطه ی  $(a, b) = f_j(a) - f_j(b)$  تفاوت هر یک از گزینه‌ها را درهریک از شاخص‌ها نسبت به یکدیگر بدست آورد.

**گام ۲:** میزان برتری هرگزینه با گزینه های دیگر پس از محاسبه میزان تفاوت گزینه ها با یکدیگر، مقدار  $P_j(a, b)$  به دست خواهد آمد.

**گام ۳:** میزان مجموع موزون برتری گزینه ها:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k w_j p_j(a, b), \quad \left( \sum_{j=1}^k w_j = 1 \right)$$

**گام ۴:** بدست آوردن جریان رتبه بندی مثبت و منفی: رتبه بندی گزینه هارامی توان با جریان مثبت یا جریان منفی رتبه بندی کرد.

جریان رتبه‌بندی مثبت یا جریان خروجی: این جریان نشان می‌دهد که گزینه  $a$  چقدر برگزینه دیگر اولویت دارد. بزرگترین  $\phi^+(a)$  به معنای بهترین گزینه است.

<sup>۱</sup> MADAM or MADA

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi = (a, x)$$

جدول ۱: تفاوت هریک از گزینه‌ها نسبت به شاخص‌های در نظر گرفته شده

Scenario1	فرودگاه	گسل	شهر	کاربری	خاک	دسترسی	آب زیرزمینی	باد	رودخانه	مسکونی
unit										
Cluster/grup										
prefernces										
Min/max	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
weight	7.32	4.88	12.20	9.75	12.20	4.88	9.76	4.88	7.32	9.76
Preference Fn	usual	usual	usual	usual	usual	usual	usual	usual	usual	usual
thresholds	abslute	abslute	abslute	abslute	abslute	abslute	abslute	abslute	abslute	abslute
-Q:indifference	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a
-p: Preference	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a
-s:Gaussian	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a
statistics										
minimum	3	3	4	3	3	4	3	2	4	3
maximum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
averag	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
Standard Dve.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M1	3	5	6	4	6	5	6	5	4	6
M2	4	4	5	5	4	6	6	4	4	6
M3	6	4	5	5	5	5	6	5	5	5
M4	5	4	6	5	5	4	5	4	6	5
M5	4	6	5	6	3	6	4	5	5	7
M6	6	3	4	4	5	6	5	3	5	5
M7	4	5	5	6	3	5	5	2	6	3
M8	4	4	4	3	4	5	5	5	4	6
M9	5	6	5	6	4	6	3	6	5	6
M10	4	5	5	4	6	5	6	5	6	5

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

جریان رتبه‌بندی منفی یا جریان ورودی: این جریان نشان می‌دهد که گزینه‌های دیگر تاچه میزان برگزیده a اولویت دارند. کوچک‌ترین  $\phi^-(a)$  نشان دهنده بهترین گزینه است.

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi = (a, x)$$

گام ۵: بدست آوردن جریان خالص رتبه‌بندی:

این جریان توازن میان جریان رتبه‌بندی مثبت و منفی است. جریان خالص بالاتر نشان دهنده ی گزینه برتر است.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

گام ۶: اولویت‌بندی کامل PROMETHEE II

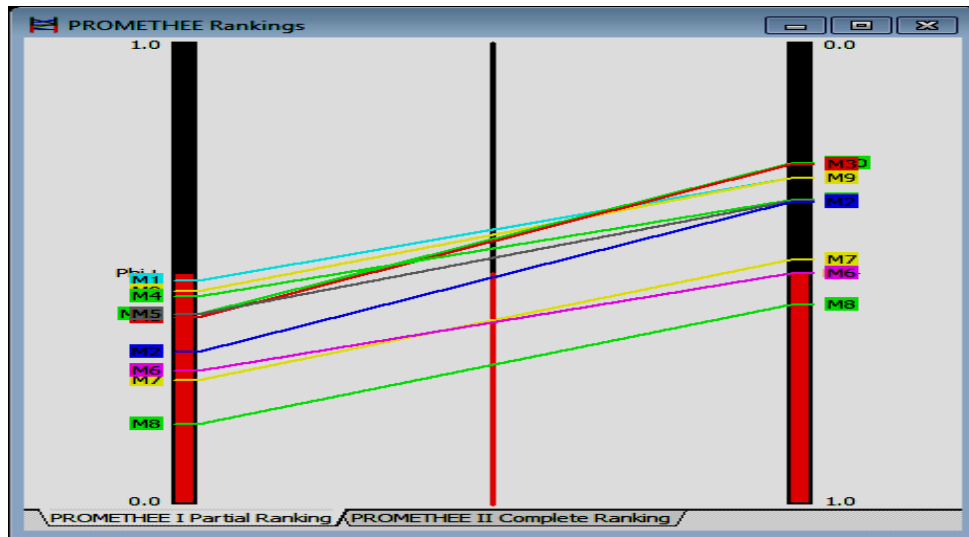
در این روش، بین جریان‌های طبقه‌بندی بیرونی مثبت و منفی، تعادل ایجاد می‌شود. جریان خالص بیانگر گزینه بهتر است.



جدول ۲: بدست آوردن جریان خالص رتبه بندی بین گزینه ها

	PHI+	PHI-	PHI
M1	۰/۴۸۳۷	۰/۲۹۴۱	۰/۱۸۹۵
M2	۰/۳۳۰۱	۰/۳۴۶۴	-۰/۰۱۶۳
M3	۰/۴۰۵۲	۰/۲۶۴۷	۰/۱۴۰۵
M4	۰/۴۵۱۰	۰/۳۳۹۹	۰/۱۱۱۱
M5	۰/۴۱۱۸	۰/۳۴۳۱	۰/۰۶۸۶
M6	۰/۲۸۷۶	۰/۵۰۰۰	-۰/۲۱۲۴
M7	۰/۲۶۸۰	۰/۴۷۰۶	-۰/۲۰۲۶
M8	۰/۱۷۳۲	۰/۵۶۳۶	-۰/۳۹۵۴
M9	۰/۴۶۰۸	۰/۲۹۴۱	۰/۱۶۶۷
M10	۰/۴۱۱۸	۰/۲۶۱۴	۰/۱۵۰۳

منبع: یافته های پژوهش، ۱۳۹۵



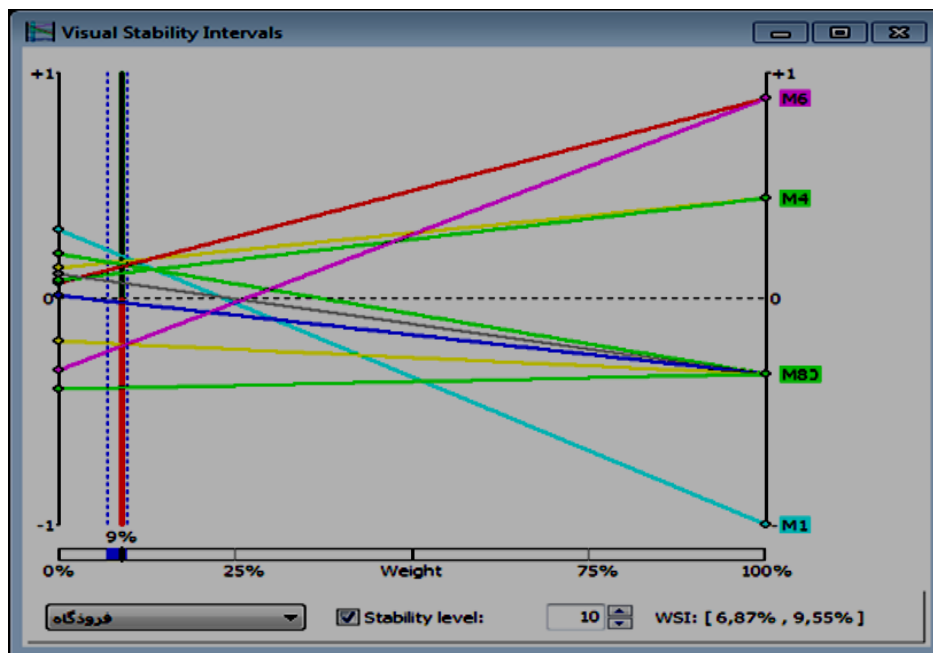
منبع: یافته های پژوهش، ۱۳۹۵

شکل ۳: نمایش تعادل بین جریان های طبقه بندی بیرونی

اولویت بندی کامل گزینه ها ( PROMETHEE II ) به صورت زیر تعریف می شود و تعیین روابط برتری (P) و اولویت بندی جزئی گزینه ها (I) ، PROMETHEE I (آل شیخ، ۱۳۹۰:۱۰۷).

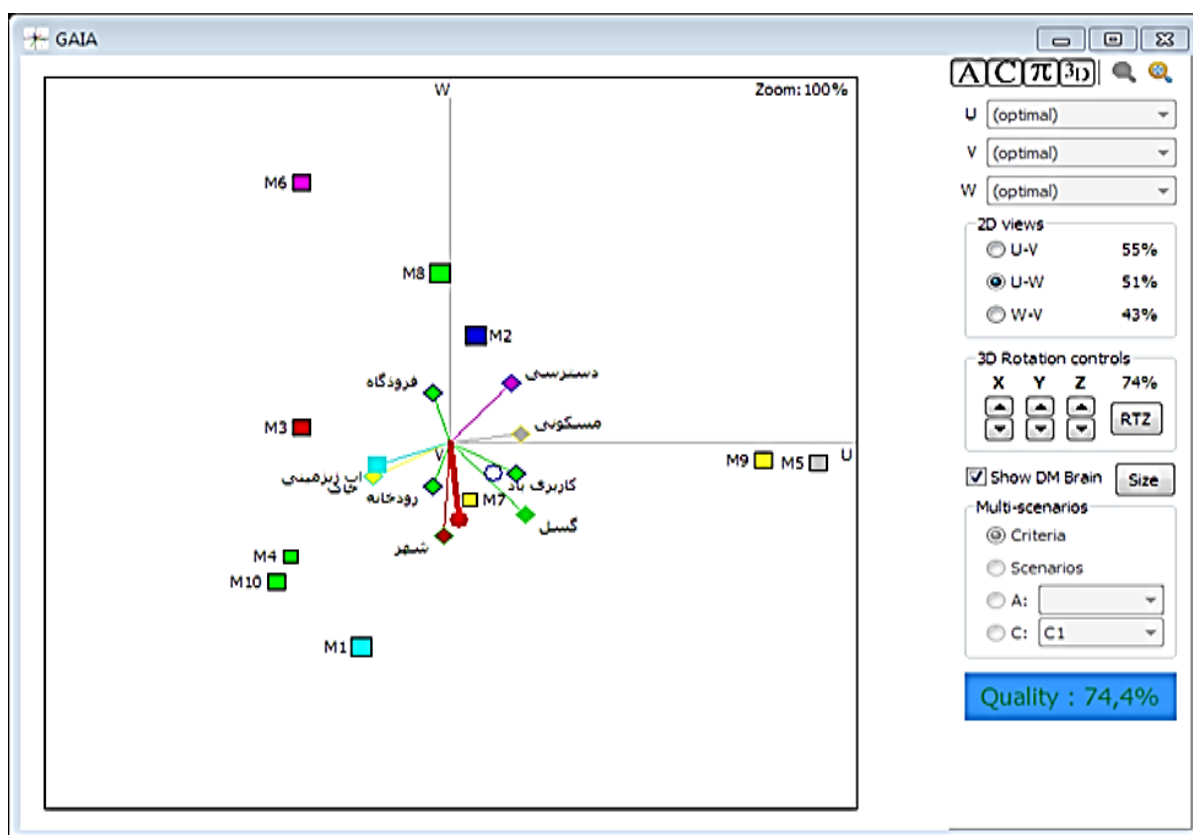
$$\begin{cases} aP^{II}b & \text{iff } \Phi(a) > \Phi(b) \\ aI^{II}b & \text{iff } \Phi(a) = \Phi(b) \end{cases}$$

گام ۷: PROMETHEE VI ( آنالیز حساسیت)



شکل ۴ : آنالیز حساسیت بین گزینه ها منبع: یافته های پژوهش، ۱۳۹۵

گام ۸: PROMETHEE III (رفتن به بازه پایداری برای هر معیار).



شکل ۵ : بازه پایداری هر معیار منبع: یافته های پژوهش، ۱۳۹۵

گام ۹: تحلیل‌های *GAIA* و *GAIAWAB*

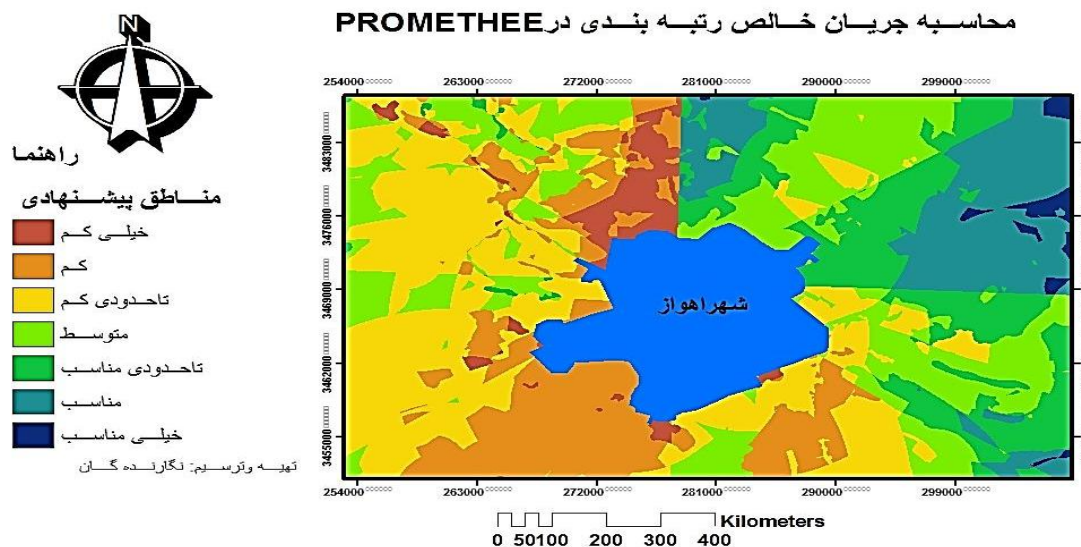
برای افزایش کارایی روش *PROMETHEE* به کارگیری روش *GAIA* (تحلیل هندسی برای کمک متقابل) با تکنیک مدل سازی ویژه توصیه شده است. در این مسایل چند شاخص بسیار مهم است که تصمیم گیرنده را در مورد مخالفت شاخص‌ها و برخورد وزن شاخص‌ها روی نتایج پایانی کمک کنیم. روش مدل سازی ویژه *GAIA* این گونه تحلیل‌ها را ایجاد می‌کند. این تحلیل‌ها براساس پایه‌های *PROMETHEE* بنا شده است و به آن تحلیل‌های گرافیکی و تشریحی را می‌افزاید. در این روش مجموعه‌ی گزینه‌ها را می‌توان با  $n$  نقطه در فضای  $K$  بعدی ارایه شود.



شکل ۶: تحلیل گرافیکی روش (تحلیل هندسی برای کمک متقابل) *GAIA Wab* ترسیم: نگارندگان

## گام ۱۰: تهیه نقشه نهایی جهت مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله‌ها

باتوجه به مراحل قبلی و مقایسه دوتایی گزینه‌های مختلف در هر شاخص، می‌توان نقشه مکان‌یابی دفن زباله‌ها با توجه به دوری و نزدیکی به تاسیسات انسانی در محیط GIS در شهر اهواز مشخص نمود.



شکل ۷: نقشه نهایی جهت تفسیر داده های مکان یابی دفن بهداشتی زباله ها در شهر اهواز ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

### بحث و نتیجه گیری

آمار وضعیت دفن پسماندها در ایران نشان میدهد که تاکنون به امر بازیافت توجه کمتری شده و بیشتر دفن زباله در زمین مورد توجه است و نه حتی دفن بهداشتی. ما در بیشتر مناطق کشور شاهد این هستیم که بیشتر دفن‌ها به صورت غیر بهداشتی و روباز است. دفن زباله باید در مکانی صورت گیرد که بدون آسیب و آلودگی بر محیط زیست مانند آب‌های سطحی و زیرزمینی و دور از کاربری‌های آسیب پذیر همچون مناطق جمعیتی شهری و روستایی و زمین‌های کشاورزی صورت گیرد. بنابراین انتخاب مکانی گاملا مناسب برای دفن زباله به صورت منطقه‌ای ضروری است تا دفن زباله‌ها با آسیب زیست محیطی و اجتماعی بسیار کمتری بر محیط اطراف صورت گیرد. انتخاب سایت دفع مواد زائد جامد شهری ممکن است برای هر شهر انجام شده باشد. اما این مهم از طریق روش‌های معمول سنتی بسیار دشوار و هزینه بر است. بنابراین تکنیک GIS، به علت توانایی آن در مدیریت حجم زیادی از اطلاعات فضایی، ابزاری نیرومند برای این نوع مطالعات اولیه به شمار می‌رود.

شهرستان اهواز با مساحتی بالغ بر ۷۹۲۴/۷ کیلومتر مربع، مرکز استان خوزستان که در بخش جلگه‌ای خوزستان قرار گرفته است که شیب عمومی در این شهر ۰/۵ در هزار بوده و بدلیل بالا بودن سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی و وجود لایه‌های ماسه بادی و رسوبات کویری، رسوبات دانه ریز و آبرفتی در زیر رسوبات سطحی و نفوذ پذیری نسبتا کم خاک‌ها، در بسیاری از مواقع سال با رخنمون شدن آب در سطح زمین مواجه است و همین مسئله موجب کاهش بازدهی اراضی برای استفاده در دفن ایمن و بهداشتی زباله می‌گردد. مشکلات بسیار حاد فعلی دفن زباله اهواز بویژه تماس مستقیم زباله‌های دفن شده با آب‌های زیر زمینی، انتقال شیرابه زباله به منبع آب‌های منطقه، بازیافت غیر اصولی در شرایط غیر بهداشتی - مهندسی زباله این شهر بزرگ و پر جمعیت کشور می‌باشد. روش توضیح داده شده در این مقاله، روش رویکردی بسیار مناسب در فرایند مکان یابی دفن بهداشتی زباله‌های شهر اهواز می‌باشد که در آن از ترکیب متدهای Visual PROMETHEE و ابزار تحلیلی GIS استفاده شده است. نتایج تحقیق

نشان می‌دهد با توجه به اهمیت تمامی معیارها، بهترین مکان پیشنهادی برای دفن بهداشتی زباله‌ها در شهر اهواز، شرق و تا حدودی شمال شرق این شهر می‌باشد که این مکان‌ها از استانداردهای لازم برای تحقق این امر برخوردارند. این پژوهش تمام نتایج پژوهش‌های پیشین را تایید می‌کند.

## منابع

- ۱- آل شیخ، علی اصغر و کفاش چرندابی، ندا، ۱۳۹۱، ارائه مدل ترکیب در GIS بر مبنای روش PROMETHEE و الگوریتم PSO برای تعیین اماکن مناسب جهت احداث بیمارستان، فصلنامه امایش محیط، سال پنجم، شماره ۱۹، زمستان ۱۳۹۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر.
- ۲- اصغری زاده، بابایی مقدم، فریدون؛ آقایی، جعفر؛ علیزاده زنوزی، شاهین و قلیکی میلان، بهمن، ۱۳۹۳، پهنه بندی و اولویت‌بندی حوزه ابریز دریاچه ارومیه به منظور مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری باتاکید بر شاخص‌های زیست محیطی، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال سوم، شماره ۱۲، صص ۵۷-۴۵.
- ۳- بنی اسد، رقیه؛ احمدی زاده، سیدسعیدرضا؛ اعتباری، بهروز و قمی معتضه، علیرضا، ۱۳۹۲، تعیین مکانهای مناسب دفن پسماندهای جامد شهری در آستارا با استفاده از روش AHP و منطق فازی، محیط‌زیست و توسعه، سال ۴، شماره ۸، صص ۵۰-۴۱.
- ۴- حجازی، سیداسدالله و همتی، فریبا، ۱۳۹۵، مکان‌یابی دفن بهینه زباله روستای ليقوان با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه (ANP)، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، سال ۲۰، شماره ۵۶، صص ۸۸-۷۳.
- ۵- حجازی، سیداسدالله، ۱۳۹۴، مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی و تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی شهر مراغه، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۴، صص ۱۲۵-۱۰۵.
- ۶- رامشت، محمدحسین، رامین حاتمی فرد و سید حجت موسوی، ۱۳۹۲، مکان‌یابی دفن پسماند جامد شهری با استفاده از مدل AHP و تکنیک GIS (مطالعه موردی: شهرستان کوهدشت)، «نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۴، صص ۱۳۸-۱۱۹.
- ۷- رحمانی، سحر؛ فهیمی، فرید و حائری، سام، ۱۳۹۳، مقایسه و ارزیابی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی در مکان‌یابی محل دفن مواد زاید شهری مطالعه موردی شهر بجنورد، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دوره ۶، پیاپی ۴، صص ۷۷۸-۷۶۹.
- ۸- رضویان، محمدتقی؛ کانونی، رضا و فیروزی مجنده، ابراهیم، ۱۳۹۴، مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهری مطالعه موردی: شهر اردبیل، مجله برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره نوزدهم، شماره ۴، صص ۹۱-۶۷.
- ۹- رنجبر، ابوالفضل؛ حکیم پور، فرشاد؛ میریعقوب زاده، میرحسن؛ شریف نژاد، جواد؛ پیری، عیسی و بابایی، الی ناز، ۱۳۹۳، پهنه بندی و مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری مطالعه موردی تبریز، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، سال ۱۸، شماره ۴۷، صص ۱۴۸-۱۳۳.
- ۱۰- سازمان جغرافیایی، ۱۳۸۴، وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.

- ۱۱- عابدینزاده، نیلوفر، مکرّم روانبخش، و طوبی عابدی، ۱۳۹۲، «ارزیابی اثرات زیست محیطی محل دفن بهداشتی - مهندسی پسماندهای شهری شهرستان سمنان، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره پانزدهم، شماره ۲، صص ۱۲۳-۱۰۵.
- ۱۲- عرب عامری، علیرضا؛ شیرانی، کورش؛ کرمی، جلال و کلورازان، عبدالله، ۱۳۹۵، کاربرد شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) در مکان‌یابی دفن پسماند جامد شهری با تاکید بر خصوصیات هیدروژئومورفیک: مطالعه موردی فریدون شهر، مجله محیط شناسی، دوره ۴۲، شماره ۲، صص ۳۴۱-۳۲۹.
- ۱۳- علی اکبری، اسماعیل و جمال لیوانی، آتنا، ۱۳۹۰، مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله های جامد شهری با استفاده از روشی جامد شهری AHP مطالعه موردی: شهر بهشهر، فصلنامه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال نهم، شماره، صص ۹۵-۱۱۱.
- ۱۴- عمرانی، قاسمعلی، امیرحسین جاوید، و الهام رمضانعلی، ۱۳۹۱، «بررسی معیارهای مکان‌یابی ایستگاه انتقال زباله منطقه ۲۲ کلانشهر تهران از نظر ملاحظات زیست محیطی هوا و شیرابه، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره چهاردهم، شماره ۲، صص ۷۵-۹۴.
- ۱۵- فیروزی، محمدعلی؛ نعمتی، مرتضی و داری پو، نادیا، ۱۳۹۳، سنجش و ارزیابی شاخص‌های کیفیت زندگی در طرح مسکن مهم مطالعه موردی شهر امیدیه، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال ۳، صص ۶۲-۴۹.
- ۱۶- کرم، امیر، عزت اله قنواتی و فرزانه درخشان بابایی، ۱۳۹۳، مکان‌یابی نواحی مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی شهری با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: شمال غرب کلان شهر تهران)، فصلنامه مدرس علوم انسانی - برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره هجدهم، شماره ۱، صص ۱۰۸-۷۷.
- ۱۷- معاونت برنامه ریزی و توسعه، ۱۳۹۱، آمارنامه شهر اهواز، انشارات روابط عمومی و امور بین الملل شهرداری اهواز.
- ۱۸- معین الدینی، مظاهر؛ طحاری مهرجردی، محمدحسین؛ خراسانی، نعمت الله؛ دانه کار، افشین؛ درویش صفت، علی اصغر و شاکری، فاطمه، ۱۳۹۰، مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده‌ها که مطالعه موردی استان البرز، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن بهداشت محیط ایران، دوره چهارم، شماره چهارم، صص ۴۹۶-۴۸۳.
- ۱۹- مومنی، منصور و شریفی سلیم، علیرضا، ۱۳۹۰، مدل‌ها و نرم افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، تهران، نشر علم و دانش.
- ۲۰- نصیری، حسین و علوی پناه، سیدکاظم و متین فر، حمیدرضا و عزیزی، علی و حمزه محمد (۱۳۹۰)، پیاده سازی مدل اکولوژیکی بارویکرد PROMETHEII و Fuzzy AHP در محیط GIS مجله محیط شناسی، سال ۳۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، صص ۱۲۲-۱۰۹.
- ۲۱- نیکزاد، وحید؛ معرب، یاسر؛ امیری، محمدجواد و فروغی، ۱۳۹۳، مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل سلسله مراتبی فازی: مطالعه موردی شهرستان مینودشت، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۶، شماره ۹۳، صص ۴۳۵-۴۲۱.

۲۲- یمانی، مجتبی و علیزاده، شهناز، ۱۳۹۴، مکان‌یابی بهینه دفن زباله‌های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۴، شماره ۹۶، صص ۹۰-۷۹.

- 23- Afzali, A., S. Sabri, M. Rashid, J. Mohammad Vali Samani & A. Nazri MuhamadLudin, 2014. Inter-Municipal Landfill Site Selection Using Analytic Network Process, *Journal of Water Resource Management*, No. 28, pp. 2179-2194.
- 24- Datta, M., 2012. Geotechnology for Environmental Control at Waste Disposal Sites”, *Indian Geotech J.*
- 25- Nishanth, T.; Prakash, M.N.& Vijith, H. 2010. Suitable site determination for solid waste disposal using GIS and RS techniques in India, *international journal of geometrics and geosciences* Vol1.Pp 197-210.
- 26- Pinar Yal, G., Akgun, H., 2013. “Landfill Site Selection and Landfill Liner Design for Ankara, Turkey”, *Environ Earth Sci*,pp345-354.
- 27- Sehnaz, S.; Erhan, S.; Bilghan, N. & Remzi, K. 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection. *Waste management*30:pp 2037-2041.
- 28- Suman Paul,. 2012. Location allocation for urban waste disposal site using multi-criteria analysis: A study on Nabadwip Municipality, West Bengal, India, *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS AND GEOSCIENCES* Volume 3, No 1, pp88-74.





