

مقاله اصلی

ارائه یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر GIS جهت پیدا کردن مکان‌های دفع پسماندهای بیمارستانی با تکیه بر معیارهای زیست‌محیطی (مطالعه موردی: تهران، ایران)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰

خلاصه

مقدمه: انتخاب محل‌های نامناسب جهت دفع پسماندهای بیمارستانی در جنوب شرقی استان تهران، یکی از مشکلات محیط زیستی این منطقه می‌باشد که باعث بروز خسارت به محیط‌زیست و آلودگی آب‌های زیرزمینی در این منطقه شده است. از آنجایی که در حال حاضر دفن پسماندها عمده‌ترین، مقبول‌ترین و اقتصادی‌ترین روش دفع در بسیاری از مناطق است. پژوهش حاضر باهدف مکان‌یابی محل دفع پسماندهای بیمارستانی در جنوب شرقی تهران انجام گرفت.

روش کار: این مطالعه از روش جدیدی برای انتخاب محل‌های دفن پسماندهای بیمارستانی در تهران که متکی بر فن تحلیل نسبت ارزیابی وزنی تدریجی (FSWARA) و سیستم فناوری اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده نمود که باعث کاهش مقایسه در جمع‌آوری نظرات کارشناسان خبره و ساده‌سازی فرآیند انتخاب گردید.

نتایج: با به‌کارگیری تکنیک دلفی فازی درنهایت ۹ معیار (شیب، ارتفاع، جنس خاک، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های سطحی، عمق آب‌های زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مناطق درمانی و بیمارستانی و فاصله از جاده) به‌عنوان معیارهای نهایی انتخاب شدند. سپس، وزن هر معیار به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از FSWARA در ورودی‌های سیستم GIS وارد شدند تا نقشه‌های نهایی برای پهنه‌ی مناسب محاسبه گردد که هشت مکان به‌عنوان گزینه‌های انتخابی برای دفع پسماندها انتخاب گردیدند در ادامه، مکان‌های انتخاب‌شده با استفاده از تحلیل مقایسه‌ای (تطبیقی) ایده‌آل-واقعی چند شاخصه (MAIRCA) رتبه‌بندی شدند.

نتیجه‌گیری: نقطه چهارم با شیب ۳۴ درجه، ارتفاع ۱۰۰۸ متر، فاصله از گسل ۳ / ۴۸۴۱ متر، فاصله از آب‌های سطحی ۸ / ۴۴۲۸ متر، عمق آب‌های زیرزمینی ۱۲ متر، فاصله از مناطق مسکونی با فاصله ۴۵۷ متر، فاصله از مناطق درمانی و بیمارستانی با ۶ / ۴۷۴۹ متر، فاصله از جاده با ۱۵۹۸ متر به‌عنوان مناسب‌ترین مکان در بین هشت مکان تعیین‌شده برای محل دفع پسماندهای بیمارستانی انتخاب گردید. درنهایت، از روش‌های MOORA، TOPSIS و VIKOR برای مقایسه و اعتبارسنجی یافته‌ها استفاده گردید.

کلمات کلیدی: محل دفع، پسماند بیمارستانی، مکان‌یابی

فاطمه حیدری پیریستی^۱

محمود مدیری^{۲*}

کیامرث فتحی هفشجانی^۳

علیرضا رشیدی کمیجان^۴

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران

جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه

آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

^۳ استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه

آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۴ دانشیار، گروه مهندسی صنایع، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد

اسلامی، فیروزکوه، ایران

Email: M_Modiri@azad.ac.ir

مقدمه

خون و فرآورده‌های آن، اعضای بدن، ابزار پزشکی، داروها، مواد شیمیایی، نمونه‌های تشخیصی، پانسمان‌های کثیف، سرنگ‌ها و سوزن‌ها، مواد رادیواکتیو از جمله پسماندهای بیمارستانی هستند که توسط مراکز پزشکی در کلان‌شهرها ایجاد می‌شوند. مدیریت نادرست پسماندهای بیمارستانی جامعه شهری را در معرض خطر آلودگی محیطی قرار می‌دهد که ممکن است منجر به عواقب اجتماعی و زیست‌محیطی زیادی برای کلان‌شهرها شود (۱). کشورهای پیشرفته قوانین ویژه‌ای برای مدیریت پسماندهای بیمارستانی که شامل جمع‌آوری، حمل و نقل، پاک‌سازی، بازیافت و دفع این مواد می‌باشد، تنظیم نموده‌اند (۲). بسیاری از کشورهای عضو اروپایی سیاست تضمین دفن ایمن زباله‌های بیمارستانی را برای هزاران تا میلیون‌ها سال اتخاذ کرده‌اند (۳)؛ اما کشورهای درحال توسعه هنوز از مدیریت ناکارآمد پسماندهای بیمارستانی رنج می‌برند (۴). بسیاری از مناطق شهری در کشورهای درحال توسعه با تخریب محیط‌زیست، خطرات بهداشتی قابل توجهی را در نتیجه سیستم‌های مدیریت پسماند شهری ضعیف به وجود می‌آورند (۵).

برای بهبود مدیریت پسماندهای بیمارستانی، نیاز به راه‌حل‌های دفع ایمن و قابل قبول زیست‌محیطی وجود دارد (۶). با توجه به مطالعه چاوهان و سینگ (۷) مسئله دفع پسماندهای بیمارستانی بیشترین توجه را در ادبیات ارائه شده در بین مطالعات پسماندهای شهری به خود جلب کرده است و لزوم بهینه‌سازی یک سیستم موثر برای دفع پسماندهای بیمارستانی را مورد تاکید قرار می‌دهد. در نتیجه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها در مدیریت پسماند، تعیین بهترین مکان برای مکان‌های دفن زباله‌های بیمارستانی است. انتخاب یک سایت مناسب برای دفع زباله‌های بیمارستانی یکی از چالش برانگیزترین و زمان برترین کارهای مدیریتی است. تفسیر ویژگی‌های محیطی و اجتماعی و همچنین ویژگی‌های مرتبط با هزینه که نیاز به تخصیص مناسب منابع برای تعیین محل دفع بهداشتی زباله‌ها را دارند، دشوار است. علاوه بر این تا حد زیادی وابسته به در نظر گرفتن مقررات دولتی است که بر اساس شرایط خاص مطالعه موردی است (۸).

مکان‌های دفع باید مطابق با استانداردهای دولتی مانند عوامل زیست‌محیطی، ایمنی، بهداشتی، اجتماعی، اقتصادی، جغرافیایی و سایر محدودیت‌ها باشند تا پیامدهای منفی زیست‌محیطی، بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی به حداقل برسانند. در نتیجه، انتخاب محل دفع مناسب زباله‌های بیمارستانی، منطقی‌تر در دست دولت‌های محلی و شهرداری‌ها است. در نتیجه، یکی از دشوارترین مشکلات در این سناریو، فرآیند انتخاب مناسب‌ترین مکان‌ها است (۹).

در نظرگیری یک سایت مناسب و اصولی برای دفع پسماندهای بیمارستانی با گنجاندن جنبه‌های اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی در چارچوب اصول توسعه پایدار شهری به عنوان بهترین جایگزین برای مدیریت پسماندها در طول رشد بلندمدت شهری در برابر حفظ محیط زیست در نظر گرفته می‌شود (۱۰).

در نتیجه، تحقیقات قابل توجهی در مورد برنامه ریزی، توسعه و مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماندهای بیمارستانی با در نظر گرفتن تمام عناصر مرتبط انجام می‌شود. از آنجایی که سیستم فناوری اطلاعات جغرافیایی (GIS) به راحتی می‌تواند حجم وسیعی از داده‌های جغرافیایی و اسنادی به دست آمده از منابع متعدد را مدیریت کند، برای این نوع تحقیقات ایده آل است (۱۱). به کارگیری تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در بهینه‌سازی سایت‌های پیشنهادی یکی از محدودیت‌های استفاده از GIS در انتخاب مکان است. ترکیب GIS با MCDM برای حل مشکلات فضایی ایده‌آی کاملاً پذیرفته شده در بخش‌های مختلف از جمله محیط زیست، بوم‌شناسی، حمل و نقل، برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، مدیریت پسماند، هیدرولوژی، کشاورزی، جنگل‌داری، زمین‌شناسی برای انتخاب مکان است (۱۲).

به طور خاص، نقش داشتن بسیاری از عوامل موثر در زمینه مکان‌یابی دفع زباله ممکن است، تصمیم‌گیرندگان را به این سوق دهند تا سیستمی را با دقت بالا از نظر سرعت و راحتی استفاده در عملیات مکان‌یابی اتخاذ کنند (۱۳). به دلیل مشارکت عوامل

فاصله از بیمارستان ها، فاصله از گونه های حیات وحش، خطوط انتقال برق و فاصله از جاده.

هدف کلی این تحقیق یافتن مکان های قابل قبول دفع پسماندهای بیمارستانی است. با توجه به پیچیدگی موضوع انتخاب مکان، مدل تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره (MCDA) به عنوان یک انتخاب مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل سیستماتیک و نتیجه گیری معقول توصیه گردید. چاوهران و سینگ (۸) در یک بررسی مروری نتیجه گیری نمودند که تعداد کثیری از تحقیقات مکان یابی از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره ANP، AHP برای وزن دهی معیارها در مطالعات مربوط به مکان یابی تاسیسات زباله استفاده می کنند. همچنین، کوئیلو و همکاران (۳۳) طبق یک بررسی انتقادی سیستماتیک از شیوه های فعلی مورد استفاده در MCDM، اعلام کردند که بیشتر از روش های رتبه بندی مانند PROMETHEE و ELECTRE و TOPSIS برای رتبه بندی استراتژی های مدیریت پسماند در مطالعات مکان یابی استفاده می شود.

وزن دهی شاخص ها به عنوان یکی از مهم ترین عناصر در فرآیند حل مسئله در بسیاری از موقعیت های تصمیم گیری بین رشته ای شناخته می شود. کرسولینه و همکاران (۳۴) روش تجزیه و تحلیل نسبت ارزیابی وزنی تدریجی (SWARA) را در سال ۲۰۱۰ ایجاد کردند که یکی از جدیدترین روش های وزن دهی تصمیم گیری چندمعیاره محسوب می شود. توانایی ارزیابی صحت قضاوت خبرگان در مورد وزن شاخص های ارائه شده در طول فرآیند تصمیم گیری، سهولت اجرا و کاهش میزان مقایسه از مهم ترین مزایای این تکنیک نسبت به سایر روش های وزن دهی است. علاوه بر این، خبرگان ممکن است با استفاده از این مدل با یکدیگر بحث کنند که منجر به نتایج دقیق تری نسبت به تکنیک های قبلی MCDM می شود. همچنین، در مقایسه با رویکردهای قابل مقایسه وزن دهی در موقعیت های واقعی، این روش برای خبرگان و تصمیم گیرندگان کاربردپذیرتر است، زیرا استفاده و درک آن در این تکنیک که سبب حذف عوامل وابسته و در نظرگیری عوامل مستقل در وزن دهی معیارها می شود، از

متعدد، روش های تجربی دشوار، گیج کننده و خسته کننده هستند همچنین، کارگیری رویکردهای نادرست تجربی در فرآیند مکان یابی، زمان بر و پرهزینه هستند (۱۴).

در نتیجه حل این موضوع نیازمند رویکردی سیستماتیک و جامع برای انتخابی آگاهانه بر اساس اصول علمی است. چنین رویه ای از یک سو نیازمند ساختار بندی موضوع در چارچوبی روشن با گنجاندن تمامی معیارها و جنبه های دخیل در تصمیم گیری است و از سوی دیگر، قابلیت قضاوتی آگاهانه بدون سردرگمی را ایجاد می کند. علاوه بر این، استفاده از رویکردهای MCDM یکی از راهبردهایی است که محققان برای غلبه بر چنین مشکلاتی از طریق امکان تحلیل و سازماندهی و نظام مند کردن موضوع چند معیاره و چالش برانگیز با هدف ارائه استراتژی مناسب برای رسیدن به نتایج منطقی استفاده می کنند (۱۵). در نتیجه، انتخاب متغیرهای متعدد، لایه های اطلاعاتی زیادی را ایجاد می کند و همچنین تلاش هایی برای کشف راه حلی مؤثر برای انجام تحلیل در هر یک از این سطوح ایجاد می کند. در نتیجه، دستیابی به نتایج مناسب به طور ناخواسته تصمیم گیرندگان را به اتخاذ سیستمی سوق می دهد که از نظر سرعت و سادگی استفاده در عملیات بالا باشد (۱۶).

با توجه به استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست، شهرداری منطقه، مشخصات زیست محیطی جنوب تهران و چندین مطالعه قبلی از جمله استقبالی فرد و همکاران (۱۷)، سیسای و همکاران (۱۸)، ترکان و همکاران (۱۹)، چابک و همکاران (۲۰)، دانش و همکاران (۲۱)، فیضی و همکاران (۲۲)، مرتضوی چمچالی و قاضی فرد (۲۳)، عبدالله و همکاران (۲۴)، کامدار و همکاران (۲۵)، اجی باده و همکاران (۲۶)، اسلام و همکاران (۲۷)، ساعت ساز و همکاران (۲۸)، یوسفی و همکاران (۲۹)، آرکا و همکاران (۳۰)، ییلدریم و همکاران (۳۱) و عربامری و همکاران (۳۲) برخی از معیارهای استخراج شده با بیشترین تأثیر بر فرآیند مکان یابی به شرح زیر است: شیب، ارتفاع، نوع خاک، فاصله از گسل، فاصله از پوشش گیاهی، فاصله از آب های سطحی، عمق آب های زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی،

بسیاری از روش‌های سنجش مانند AHP و ANP آسان‌تر است (۳۴).

مطالعه حاضر، تحلیل مقایسه‌ای (تطبیقی) ایده آل-واقعی چند شاخصه (MAIRCA) که رویکردی انقلابی در حوزه MCDM است را برای رتبه‌بندی سایت‌های پیشنهادی معرفی می‌نماید. پاموکار و سیرووی (۳۵) نشان دادند که این روش رتبه‌بندی نسبت به رویکردهای دیگر رتبه‌بندی مانند TOPSIS و ELECTRE پایدارتر است. یکی از دلایل این امر این است که معیارهای مختلف به طور متفاوتی نرمال می‌شوند. به نقل از پاموکار و سیرووی (۳۵) روش‌هایی که یک مدل خطی از نرمال‌سازی داده‌های ورودی را اعمال می‌کنند، پایداری بیشتری دارند و به طور ثابت در سراسر تجزیه و تحلیل حساسیت رتبه‌بندی می‌شوند. رویکرد MAIRC، از یک مدل عادی سازی خطی استفاده می‌کند و با در نظر گرفتن شکاف بین وزن نظری و وزن واقعی معیارها در زمره روش‌های گزینه محور قرار می‌گیرد. رویکرد MAIRCA به دلیل پایداری راه حل و انعطاف پذیری برای ادغام آن با روش‌های دیگر وزن دهی و الگوریتم حل ساده که به راحتی در نرم افزار اکسل پیاده سازی می‌شود توانایی خوبی برای رتبه‌بندی وزن معیارها و گزینه دارد (۳۵).

با توجه به مطالب بیان شده، مدل MCDM در نظر گرفته شده که مبتنی بر استفاده ترکیبی از GIS و رویه‌های چند معیاره مانند دلفی فازی، FSWARA و MAIRCA است، به عنوان مدل ریاضی جهت ارائه سایت‌های پیشنهادی دفع پسماندهای بیمارستانی در جنوب تهران معرفی می‌شود. علاوه بر این، تهران که یکی از پرجمعیت‌ترین و آلوده‌ترین شهرهای جهان است،

دارای کمبود مناطق مناسب برای دفع پسماندهای بیمارستانی در مدیریت پسماند است. در نتیجه، مقامات شهری به دنبال مراکز دقیق دفع پسماندهای بیمارستانی برای کاهش خطرات زیست محیطی هستند. در این تحقیق، مکان‌های مناسبی برای مدیریت پسماند سایت‌های دفع در شهر تهران با استفاده از روش‌های ریاضی پیشنهاد می‌گردد.

روش کار

غربالگری معیارها

به منظور شناسایی معیارهای انتخاب محل دفع پسماند بیمارستانی از روش دلفی فازی (FDM) استفاده شد. دلفی فازی روشی برای دستیابی به توافق از دیدگاه خبرگان مبتنی بر اصول محاسبات منطق فازی و سیستم استنتاج فازی است (۳۶). این یک روش ساختارمند و تعاملی سه دور است که در آن پرسشنامه‌ها جمع‌آوری شده و پاسخ‌های شرکت‌کنندگان (کارشناسان) تنظیم می‌شود (۳۷). پرسشنامه‌های اولیه توسط گروهی متشکل از ۲۰ خبره مصاحبه با کارشناسان سازمان آب و فاضلاب، وزارت راه و شهرسازی در استان تهران و گروه جغرافیا دانشگاه تهران ایجاد شد. بدین منظور نظرات خبرگان در دور اول برای اهمیت هر یک از معیارهای موثر در مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماندهای بیمارستانی در جنوب تهران از طریق پرسش نامه ۵ گزینه لیکرت جمع‌آوری شد که نتیجه محاسبات در جدول (۱) آمده است.

• نظر سنجی مرحله اول

جدول ۱. نتایج دور اول نظر سنجی به همراه میانگین دیدگاه‌های خبرگان

میانگین	min	mod	max	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	ارزش زبانی
غیرفازی شده				کم					
نظرات خبرگان				۱	۳	۵	۷	۹	ارزش عددی
				(۳)	(۵)	(۳، ۷)	(۹)	(۱۰)	زیرمعیارها - ارزش فازی
				(۰، ۱)	(۳)	(۵)	(۷)	(۷، ۹)	
				(۱)			(۵)		
۸.۲۷	۶.۴۰	۸.۴۰	۹.۶۰	۰	۰	۲	۲	۱۶	شیب
۸.۱۰	۶.۲۰	۸.۲۰	۹.۶۰	۰	۰	۰	۸	۱۲	ارتفاع

۷.۹۹	۶.۱۰	۸.۱۰	۹.۴۵	۰	۰	۲	۵	۱۳	جنس خاک
۷.۷۰	۵.۸۰	۷.۸۰	۹.۲۰	۰	۰	۴	۴	۱۲	فاصله از گسل
۶.۱۵	۴.۲۰	۶.۲۰	۷.۹۰	۰	۴	۶	۴	۶	فاصله از پوشش گیاهی
۸.۰۰	۶.۱۰	۸.۱۰	۹.۵۰	۰	۰	۱	۷	۱۲	فاصله از آب های سطحی
۸.۳۷	۶.۵۰	۸.۵۰	۹.۷۰	۰	۰	۱	۳	۱۶	عمق آب های زیرزمینی
۷.۵۱	۵.۶۰	۷.۶۰	۹.۰۵	۰	۱	۳	۵	۱۱	فاصله از مناطق مسکونی
۷.۴۲	۵.۵۰	۷.۵۰	۹.۰۰	۰	۱	۳	۶	۱۰	فاصله از بیمارستان ها
۵.۷۰	۳.۷۰	۵.۷۰	۷.۷۰	۰	۱	۱۱	۸	۰	فاصله از گونه های حیات وحش
۶.۹۳	۵.۰۰	۷.۰۰	۸.۶۰	۰	۲	۴	۶	۸	خطوط انتقال نیرو
۸.۰۸	۶.۲۰	۸.۲۰	۹.۵۰	۰	۰	۲	۴	۱۴	فاصله از جاده

اعضای گروه خبره ارسال گردید. در مرحله دوم اعضای گروه خبره با توجه به نقطه نظرات سایر اعضای گروه مجدداً به سوالات ارائه شده پاسخ دادند که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

• نظر سنجی مرحله دوم

در این مرحله پرسشنامه دوم تهیه گردیده و همراه با نقطه نظر قبلی هر فرد و میزان اختلاف آنها با دیدگاه سایر خبرگان، مجدداً به

جدول ۲. نتایج دور دوم نظر سنجی به همراه میانگین دیدگاه های خبرگان

نتیجه	اختلاف	میانگین	min	mod	max	خیلی کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	ارزش زبانی	
میانگین های پرسشنامه اول و دوم	میانگین غیرفازی شده نظرات خبرگان					کم				ارزش عددی زیرمعیارها - ارزش فازی	
						۱	۳	۵	۷	۹	
						(۳)	(۵)	(۷)	(۹)	(۱۰)	
						۱	۳	(۵، ۳)	۷	(۷، ۹)	
						(۰)	(۱)		(۵)		
پذیرش	۰.۰۸	۸.۱۸	۶.۳۰	۸.۳۰	۹.۶۰	۰	۰	۱	۵	۱۴	شیب
پذیرش	۰.۱۸	۸.۲۸	۶.۴۰	۸.۴۰	۹.۶۵	۰	۰	۱	۴	۱۵	ارتفاع
پذیرش	۰.۲۰	۸.۱۹	۶.۳۰	۸.۳۰	۹.۶۵	۰	۰	۰	۷	۱۳	جنس خاک
بعدی	۰.۳۸	۸.۰۸	۶.۲۰	۸.۲۰	۹.۵۰	۰	۰	۲	۴	۱۴	فاصله از گسل
رد	۰.۱۱	۶.۲۶	۴.۳۰	۶.۳۰	۸.۰۵	۰	۲	۸	۵	۵	فاصله از پوشش گیاهی
پذیرش	۰.۱۰	۸.۱۰	۶.۲۰	۸.۲۰	۹.۶۰	۰	۰	۰	۸	۱۲	فاصله از آب های سطحی
پذیرش	۰.۱۰	۸.۴۷	۶.۶۰	۸.۶۰	۹.۸۰	۰	۰	۰	۴	۱۶	عمق آب های زیرزمینی
بعدی	۰.۵۴	۸.۰۵	۶.۰۵	۸.۱۵	۹.۶۵	۰	۱	۲	۶	۱۲	فاصله از مناطق مسکونی
بعدی	۰.۴۸	۷.۹۰	۶.۰۰	۸.۰۰	۹.۴۰	۰	۰	۲	۶	۱۲	فاصله از بیمارستان ها
رد	۰.۱۰	۵.۶۰	۳.۶۰	۵.۶۰	۷.۶۰	۰	۱	۱۲	۷	۰	فاصله از گونه های حیات وحش
رد	۰.۱۰	۷.۰۳	۵.۱۰	۷.۱۰	۸.۷۰	۰	۱	۵	۶	۸	خطوط انتقال نیرو
بعدی	۰.۳۸	۸.۴۷	۶.۶۰	۸.۶۰	۹.۸۰	۰	۰	۰	۴	۱۶	فاصله از جاده

با توجه به دیدگاه‌های ارائه شده در مرحله اول و مقایسه آن با نتایج این مرحله، در صورتی که اختلاف بین دو مرحله کمتر از حد آستانه ۰/۲ باشد در این صورت فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود. همانگونه که جدول فوق نشان می‌دهد برخی از متغیرها اعضای گروه خبره به وحدت نظر رسیده‌اند و میزان اختلاف نظر در مراحل اول و دوم کمتر از حد آستانه ۰/۲ بوده لذا نظرسنجی در خصوص متغیرهای فوق متوقف گردید. از بین متغیرهای اشاره شده، متغیرهایی که میانگین غیرفازی شده نظرات خبرگان

کمتر از ۸ باشد از مدل مفهومی تحقیق حذف گردید. ادامه نظرسنجی در مرحله سوم انجام می‌شود.

• نظرسنجی مرحله سوم

در این مرحله ضمن اعمال تغییرات لازم در متغیرها مدل، پرسشنامه سوم تهیه گردیده و همراه با نقطه نظر قبلی هر فرد و میزان اختلاف آنها با میانگین دیدگاه سایر خبرگان، مجدداً به خبرگان ارسال گردید که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج دور سوم نظرسنجی به همراه میانگین دیدگاه‌های خبرگان

نتیجه	اختلاف میانگین	میانگین غیرفازی شده نظرات خبرگان	min	mod	max	خیلی کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	ارزش زبانی
ارزش عددی	۱	۳	۵	۷	۹					
زیرمعیارها - ارزش فازی	(۳)	(۵)	(۳، ۷)	(۹)	(۱۰)					
دوم و سوم	(۰، ۱)	(۱، ۳)	(۵)	(۵، ۷)	(۷، ۹)					
فاصله از گسل	۰.۱۹	۸.۲۸	۶.۴۰	۸.۴۰	۹.۶۵	۰	۱	۴	۱۵	
فاصله از مناطق مسکونی	۰.۰۴	۸.۰۹	۶.۲۰	۸.۲۰	۹.۵۵	۰	۱	۶	۱۳	
فاصله از بیمارستان‌ها	۰.۰۹	۷.۹۹	۶.۱۰	۸.۱۰	۹.۴۵	۰	۲	۵	۱۳	
فاصله از جاده	۰.۰۹	۸.۵۶	۶.۷۰	۸.۷۰	۹.۸۵	۰	۰	۳	۱۷	

همانطور که نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد میزان اختلاف نظر خبرگان در مراحل دوم و سوم کمتر از حد آستانه ۰/۲ می‌باشد و لذا نظرسنجی در این مرحله متوقف می‌شود. بنابراین در طی سه مرحله نظرسنجی از ۱۲ معیار، ۳ معیار از مدل مفهومی نهایی تحقیق حذف گردیده و مدل نهایی دارای ۹ معیار (شیب، ارتفاع، جنس خاک، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های سطحی، عمق آب‌های زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مناطق درمانی و بیمارستانی و فاصله از جاده) گردید که برگرفته از تحقیق پژوهش حاضر می‌باشد که بر اساس ادبیات تحقیق و نتایج حاصل از مصاحبه خبرگان و اساتید دانشگاهی تهیه و روایی محتوایی آن تایید شد.

تکنیک تحلیل نسبت ارزیابی وزنی تدریجی (SWARA)

در این تحقیق از روش SWARA فازی برای محاسبه وزن‌ها استفاده می‌شود. روش SWARA یکی از انواع روش‌های وزن‌دهی است که متخصصین در آن نقش مهمی را در محاسبه‌ی وزن‌ها و ارزیابی نهایی دارند... بدین منظور برای ارزیابی از نظرات ۸ خبره وزارت راه و شهرسازی در استان تهران و گروه جغرافیا دانشگاه تهران استفاده شد که وزن هر معیار نشان‌دهنده‌ی اهمیت آن می‌باشد. این روش اجازه می‌دهد تا نظرات کارشناسان در مورد نسبت اهمیت معیارها در فرآیند تصمیم‌گیری منطقی به نمایش درآید. فرآیند تعیین اوزان نسبی معیارها با استفاده از روش SWARA براساس نظریات کرسولینه و همکاران (۳۴) گام‌های ذیل نشان داده‌شود:

$$q_j = \begin{cases} 1 & j=1 \\ \frac{q_j-1}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad \text{رابطه ۲}$$

گام پنجم: وزن های نسبی ژامین معیار ارزیابی بدین گونه تعیین می شود:

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad \text{رابطه ۳}$$

رابطه (۳) W_j ، نشان دهنده وزن نسبی ژامین معیار و n نشان دهنده تعداد معیارهاست. که $\tilde{W}_j = (w_j^l, w_j^m, w_j^u)$ وزن فازی نسبی ژامین معیار و n نشان دهنده تعداد معیار ارزیابی شده است.

محاسبات مربوط به وزن و اهمیت هر یک از معیارهای مورد بررسی را با نرم افزار اکسل انجام شد. این محاسبات در جدول (۴) آمده است که بر اساس اوزان ستون آخر می توان معیارها را اولویت بندی کرد:

جدول ۴. محاسبات نهایی مربوط به وزن و اهمیت معیارهای اصلی

	\tilde{S}_j			$\tilde{k}_j = \tilde{S}_j + 1$			$\tilde{q}_j = \frac{\tilde{x}_{j-1}}{\tilde{k}_j}$			$\tilde{w}_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^n \tilde{q}_k}$		
C1	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۲۷۹	۰,۳۰۰	۰,۳۲۹
C2	۰,۳۱۱	۰,۳۶۹	۰,۴۵۵	۱,۳۱۱	۱,۳۶۹	۱,۴۵۵	۰,۶۸۸	۰,۷۳۱	۰,۷۶۳	۰,۱۹۲	۰,۲۱۹	۰,۲۵۱
C3	۰,۲۷۴	۰,۳۱۹	۰,۳۸۴	۱,۲۷۴	۱,۳۱۹	۱,۳۸۴	۰,۴۹۷	۰,۵۵۴	۰,۵۹۹	۰,۱۳۹	۰,۱۶۶	۰,۱۹۷
C4	۰,۲۷۴	۰,۳۱۹	۰,۳۸۴	۱,۲۷۴	۱,۳۱۹	۱,۳۸۴	۰,۳۵۹	۰,۴۲۰	۰,۴۷۰	۰,۱۰۰	۰,۱۲۶	۰,۱۵۵
C5	۰,۶۱۲	۰,۶۴۸	۰,۶۹۵	۱,۶۱۲	۱,۶۴۸	۱,۶۹۵	۰,۲۱۲	۰,۲۵۵	۰,۲۹۱	۰,۰۵۹	۰,۰۷۶	۰,۰۹۶
C6	۰,۴۳۴	۰,۴۷۵	۰,۵۳۰	۱,۴۳۴	۱,۴۷۵	۱,۵۳۰	۰,۱۳۸	۰,۱۷۳	۰,۲۰۳	۰,۰۳۹	۰,۰۵۲	۰,۰۶۷
C7	۰,۷۵۶	۰,۸۴۱	۰,۹۵۱	۱,۷۵۶	۱,۸۴۱	۱,۹۵۱	۰,۰۷۱	۰,۰۹۴	۰,۱۱۶	۰,۰۲۰	۰,۰۲۸	۰,۰۳۸
C8	۰,۳۹۹	۰,۴۵۹	۰,۵۳۵	۱,۳۹۹	۱,۴۵۹	۱,۵۳۵	۰,۰۴۶	۰,۰۶۴	۰,۰۸۳	۰,۰۱۳	۰,۰۱۹	۰,۰۲۷
C9	۰,۴۴۶	۰,۵۸۶	۰,۷۹۵	۱,۴۴۶	۱,۵۸۶	۱,۷۹۵	۰,۰۲۶	۰,۰۴۱	۰,۰۵۷	۰,۰۰۷	۰,۰۱۲	۰,۰۱۹

دیفازی کردن (یعنی محاسبه وزن تکی هر معیار) از روش مرکزیت جهت محاسبه ارزش BNP استفاده کرده ایم. یعنی در

گام اول: معیارها به ترتیب نزولی (از بزرگ به کوچک) و براساس اهمیت مورد نظرشان دسته بندی می شوند. (می توان از نظرات خبرگان جهت تعیین و دسته بندی معیارها استفاده نمود).

گام دوم: با شروع از معیار دوم، پاسخگو اهمیت نسبی معیار j ام را در ارتباط با معیار قبلی ($j-1$) برای هر معیار تعیین می کند به گفته کرسولینه و همکاران (۳۴)، این نسبت اهمیت مقایسه ای «نامیده می شود. از مقدار میانگین، S_j (نسبت یعنی S_j ، مقدار میانگین است که اهمیت مقایسه ای نامیده می شود).

گام سوم: ضریب k_j به صورت زیر تعیین می شود:

$$k_j = \begin{cases} 1 & j=1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad \text{رابطه ۱}$$

گام چهارم: وزن دوباره محاسبه شده q_j به گونه زیر تعیین می شود:

در نهایت وزن نهایی فازی معیارها به دست آمد و با روش مرکز ثقل فازی زدایی شد که نتایج در جدول (۵) آمده است، برای

$$AS\hat{y}_i = (y_i^l \cdot y_i^m \cdot y_i^u) \quad \text{رابطه ۴}$$

$$BNP_i(y_i) = \frac{(y_i^u - y_i^l) + (y_i^m + y_i^l)}{3} + y_i^l \quad \text{رابطه ۵}$$

این مرحله باید مقدار عملکرد نرمال فازی به ارزش عملکرد کلاسیک (قطعی) تغییر یابد. بهترین عملکرد غیر فازی (BNP) را می‌توان با روش‌های مختلف محاسبه کرد که در این بحث، از روش مرکزیت برای محاسبه ارزش BNP استفاده شده است.

جدول ۵. وزن و رتبه نهایی زیرمعیارهای انتخاب محل دفع پسماند بیمارستانی

کد	وزن نسبی فازی زیرمعیارها			کد
C1	۰,۳۲۹	۰,۳۰۰	۰,۲۷۹	۱
C2	۰,۲۲۶	۰,۲۱۹	۰,۲۱۳	۲
C3	۰,۱۶۴	۰,۱۶۶	۰,۱۶۷	۳
C4	۰,۱۱۸	۰,۱۲۶	۰,۱۳۱	۴
C5	۰,۰۷۰	۰,۰۷۶	۰,۰۸۱	۵
C6	۰,۰۴۶	۰,۰۵۲	۰,۰۵۷	۶
C7	۰,۰۲۳	۰,۰۲۸	۰,۰۳۲	۷
C8	۰,۰۱۵	۰,۰۱۹	۰,۰۲۳	۸
C9	۰,۰۰۸	۰,۰۱۲	۰,۰۱۶	۹

نتایج

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه قسمتی از جنوب شهر تهران می‌باشد که مناطقی از قبیل شهر ری، باقر شهر، کهریزک، قیام دشت را شامل می‌شود. جهت آماده سازی و پردازش مکانی هر یک از این پارامترها با استفاده از توابع تحلیل مکانی در نرم افزار ArcGIS 10.2 استفاده گردید (جدول ۶).

بر اساس نتایج جدول (۵)، معیار "شیب" با وزن ۰/۳۰۳ بیشترین اهمیت را برای انتخاب محل دفع پسماند بیمارستانی دارد. معیار "ارتفاع" با وزن ۰/۲۲ اولویت دوم را دارد. همچنین معیارهای "فاصله از جاده" با وزن ۰/۱۲ و معیار "فاصله از بیمارستان‌ها" با وزن ۰/۰۱۹ کمترین اهمیت را دارد.

جدول ۶. داده‌های ورودی با روش‌های آماده سازی و پردازش‌های مکانی آن‌ها

عامل	آماده سازی و پردازش‌های مکانی
ارتفاع	ایجاد DEM، تغییر مختصات به UTM، برش منطقه مورد مطالعه، نرمال سازی خطی معکوس بین صفر و یک
شیب	اعمال تابع شیب به درجه و درصد، نرمال سازی خطی معکوس بین صفر و یک

ایجاد لایه شبکه راهها، اعمال تابع فاصله، نرمال سازی خطی معکوس بین صفر و یک	جاده
ایجاد لایه گسل ها، اعمال تابع فاصله، نرمال سازی خطی بین صفر و یک	گسل
ایجاد مناطق مسکونی شهری و روستایی، اعمال تابع فاصله، نرمال سازی خطی بین صفر و یک	مناطق مسکونی
ایجاد نقاط چاهها، درون یابی به روش IDW، نرمال سازی خطی بین صفر و یک	آبهای زیرزمینی
ایجاد مناطق درمانی و بیمارستانی، اعمال تابع فاصله، نرمال سازی خطی معکوس بین صفر و یک	مناطق درمانی و بیمارستانی
ایجاد لایه آبهای سطحی از نقشه ۱:۵۰۰۰۰۰، اعمال تابع فاصله، نرمال سازی خطی بین صفر و یک	آبهای سطحی
تقسیم بندی جنس خاک به ماسه سنگ، سنگ آهک و شن و ماسه، امتیاز دهی از ۱ تا ۱۰ به عناصر سست تا سخت، نرمال سازی خطی بین صفر و یک	جنس خاک

مکان یابی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

جهت مکان یابی نیاز است تا ارزش و رابطه مکانی کلاس های هر لایه نیز مشخص گردد. برای مثال جهت ارزش گذاری کلاس های هر پارامتر، از قبیل فاصله از جاده، می توان آن را در ده کلاس با فواصل مساوی تقسیم بندی کرد و سپس با ابزار طبقه بندی مجدد^۱ به هر طبقه از ۱ تا ۱۰ ارزش گذاری کرد. برای مثال با توجه به اینکه مکان دفن زباله، هر چه به شبکه راهها و جاده نزدیکتر باشد، مطلوب تر می باشد در نتیجه کلاس اول، ارزش ۱۰ و آخرین و دورترین کلاس دسترسی به جاده، ارزش پایین یا یک اختصاص داده می شود. روش دیگر جهت ارزش گذاری کلاس های یک پارامتر، نرمال سازی خطی با تابع عضویت فازی می باشد. برای مثال در داده های دسترسی به جاده، مقدار داده ها بین صفر و یک عضویت دهی می شود. با توجه به اینکه هر چه به جاده نزدیکتر باشد نشان دهنده شرایط مطلوب می باشد بنابراین از نرمال سازی خطی معکوس استفاده می گردد تا مقادیر پایین تر یا نزدیکتر در دسترسی به جاده، مقدار بالا یا یک اختصاص یابد و مقادیر بالاتر یا فاصله های دورتر، مقدار صفر اختصاص پیدا کنند. مزیت عضویت دهی فازی نسبت به روش طبقه بندی مجدد این است که تمام داده ها با مقادیر واقعی خود در مکان یابی شرکت می کنند و داده در تنها در ۱۰ کلاس خلاصه نمی شود.

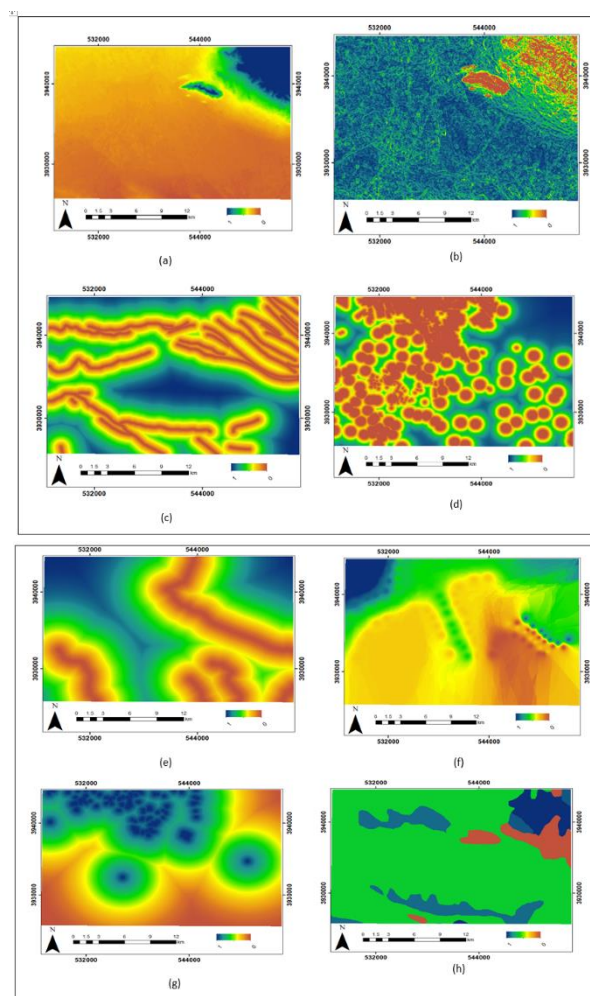
مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک ۳۰*۳۰ متر از سازمان نقشه برداری اخذ گردید و با تبدیل مختصات آن به سیستم متریک UTM، منطقه مطالعه از آن جدا گردید. با نرمال سازی خطی معکوس بین صفر و یک مقدار تعلق مقادیر آن تعیین گردید (۱۲). با توجه به این که هر چه مقدار ارتفاع و شیب کمتر باشد برای مکان یابی دفن زباله مطلوب تر است بنابراین، به مقادیر ارتفاع و شیب کمتر، مقدار تعلق بیشتر (عدد یک) و مقادیر ارتفاع و شیب بیشتر، مقدار تعلق کمتر (مقدار صفر) اختصاص یافته است (۲۱ و ۲۲). دسترسی و فاصله نزدیکتر به جاده و بیمارستان موجب تسریع حمل و نقل زباله از مبدا به مقصد می شود. بنابراین جهت ارزش گذاری از نرمال سازی خطی معکوس استفاده گردید و هر چه به جاده و بیمارستان نزدیکتر، مقدار تعلق بالا اختصاص پیدا کرد (۲۱ و ۲۲). دوری از گسل و مناطق مسکونی و شهری نیز در تعیین محل دفع زباله موثر است و هر چه فاصله از آن ها بیشتر باشد، مطلوب تر است بنابراین از نرمال سازی خطی استفاده گردید که با افزایش فاصله، مقدار تعلق نیز بیشتر اختصاص پیدا می کند (۲۳ و ۲۸). پارامتر عمق آب های زیر زمینی نیز در تعیین محل دفن زباله موثر است و نزدیکی به آب های زیرزمینی می تواند موجب آلوده کردن آب ها و به تبع آن، آلودگی محیط زیست و منابع آب و خاک گردد (۲۳ و ۲۸). بدین منظور مناطقی که عمق آب های زیرزمینی بالاتری داشتند، ارزش بالاتر و مقدار تعلق

¹ . Reclassify

شکل ۱. (a): مدل رقومی (DEM) با قدرت تفکیک ۳۰ در ۲۰، (b): نقشه شیب منطقه و نرمال سازی شده بین صفر و یک، (c): نقشه شیب منطقه و نرمال سازی شده بین صفر و یک، (d): نقشه فاصله ساختمان‌ها و نواحی روستایی، (e): نقشه فاصله از رودخانه، (f): نقشه توزیع عمق آب‌های زیرزمینی، (g): نقشه فازی فاصله از مراکز درمانی و بیمارستانی، (h): نقشه فازی رتبه جنس خاک

در جدول (۷)، کمترین و بیشترین مقدار هر یک از شاخص‌های ورودی به همراه نوع اثرگذاری مثبت و منفی آنها نشان داده شده است. برای مثال عامل شیب از ۰ تا ۴۹/۳۵ درجه متغیر می‌باشد و از آنجا که هرچه شیب کمتر باشد برای مکان‌یابی دفن زباله مطلوب و هرچه بیشتر باشد به عنوان نامطلوب ارزیابی می‌شود (۳۸) در نتیجه نوع اثرگذاری شیب به صورت منفی می‌باشد یعنی هرچه مقدار شیب بیشتر گردد، اثر منفی دارد اما عامل گسل اثر مثبت دارد، بدین صورت که هرچه مقدار فاصله از گسل بیشتر باشد، به عنوان پارامتر مثبت و مطلوب ارزیابی می‌گردد. با توجه به اینکه عامل جنس خاک بر خلاف سایر پارامترها به عنوان متغیر کیفی می‌باشد نیاز است تا نوع جنس خاک در منطقه به صورت کمی بیان گردد (۳۹). بدین منظور با توجه به سستی و درجه سختی، از روش رتبه بندی استفاده گردید و مناطق با ماسه سنگ سخت، بیشترین رتبه مقدار ۱۰ و مناطق با لای آهک سست، کمترین رتبه مقدار ۱ و مناطقی با ترکیب آنها، مقدار ۵ داده شده است در نتیجه مناطقی که رتبه بالا دارند نوع اثرگذاری مثبت و مناطق با رتبه پایین از نوع اثرگذاری منفی برخوردار هستند.

بالاتری نیز دریافت می‌کنند که از نرمال سازی خطی استفاده گردید. گفتنی برای آماده سازی لایه آب‌های زیرزمینی از چاه‌های نمونه برداری شده که از آب منطقه تهران اخذ شده بود، با روش درون‌یابی (IDW)، مقدار عمق آب‌های زیرزمینی در کل منطقه مشخص گردید (۲۳ و ۲۸). در شکل (۱)، نقشه‌های مورد نظر به همراه میزان تعلق آن‌ها که بین صفر تا یک می‌باشد نشان داده شده است.



جدول ۷. کمترین و بیشترین مقدار داده‌های ورودی به همراه میزان تاثیرگذاری مثبت و منفی

عامل	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	جنبه مثبت و منفی
ارتفاع (متر)	۹۳۵	۱۸۵۲	منفی
شیب (درجه)	۰	۴۹/۳۵	منفی
فاصله جاده (متر)	۰	۹۲۷۰	منفی

مثبت	۵۵۸۵	۰	فاصله گسل (متر)
مثبت	۷۷۰۲	۰	فاصله از مناطق مسکونی (متر)
مثبت	۲۵	۵	عمق آبهای زیرزمینی (متر)
منفی	۱۱۶۲۷	۰	فاصله مناطق درمانی و بیمارستانی (متر)
مثبت	۱۲۲۵۳	۰	فاصله آبهای سطحی (متر)
رتبه بندی نوع زمین شناسی و عناصر خاک			
مثبت	۱۰	کنگلو ماسه سنگ	جنس خاک (رتبه بندی برحسب میزان ماسه سنگ و آهک)
منفی	۱	سنگ آهک سست	
متوسط	۳	سنگ آهک و ماسه سنگ	
متوسط	۵	شن و ماسه	

استاندارد شده استفاده می‌شود. به منظور نرمال سازی خطی از رابطه (۶) و نرمال سازی خطی معکوس از رابطه (۷) استفاده شده است که مقدار واقعی داده ها را میان صفر و یک تراز می کند. همانطور که بیان گردید، برای داده هایی از قبیل فاصله از گسل که هر چه فاصله بیشتر باشد مطلوب تر است از نرمال سازی خطی و برای داده هایی از قبیل نزدیکی به جاده و بیمارستان که هر چه نزدیک تر باشد مطلوب تر است (۴۱) از نرمال سازی خطی معکوس استفاده می شود تا مناطقی که نزدیک تر هستند مقدار یک و مناطق دورتر مقدار صفر شوند و بقیه مقادیر نیز میان آنها تراز می گردند.

$$\text{رابطه ۶} \quad (x_i - \min(x)) / (\max(x) - \min(x))$$

$$\text{رابطه ۷} \quad (x_i - \max(x)) / (\max(x) - \min(x))$$

تهیه نقشه های محدودیت

برای تهیه لایه محدودیت های منطقه مورد مطالعه، ابتدا تمام لایه هایی که امکان ایجاد محدودیت را داشتند به صورت بولین درآمدند، سپس با اعمال عملگر OR بین تمام لایه ها، لایه محدودیت ها حاصل شد و پیکسل هایی که ارزش صفر داشتند جزء گزینه های غیرقابل اجرا در نظر گرفته شدند (۴۳). این گونه محدودیت ها از نوع منطقی و غیرقابل جبران می باشند که در نهایت بایستی از نقشه خروجی کم شوند. جدول (۸)، مشخص کننده محدودیت های در نظر گرفته این تحقیق می باشد. به

با توجه به این که جهت تعیین مناطق مناسب دفن زباله نیاز است تا همه لایه های ورودی روی هم قرار گرفته و مناطق مشترک با همپوشانی بالا انتخاب شوند، نیاز است تا مقادیر هر یک از لایه، بین صفر و یک نرمال و استاندارد گردد تا همه لایه ها با یکدیگر قابل مقایسه باشند و لایه هایی با مقادیر بالا، اثر گذاری بالاتری در مکان یابی نداشته باشند. بدین منظور از توابع فازی یا نرمال سازی خطی و معکوس استفاده گردید. لایه هایی از قبیل فاصله از گسل، مناطق مسکونی، عمق آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و جنس خاک که اثر گذاری مثبت دارند، از نرمال سازی خطی و سایر عوامل از قبیل ارتفاع و شیب، فاصله از جاده، مناطق درمانی که اثر گذاری منفی دارند، از نرمال سازی خطی معکوس استفاده شده است (۴۰).

گفتنی است که جنس خاک پس از رتبه بندی از ۱ تا ۱۰، به حالت اثر گذاری مثبت می باشد و مقادیر با رتبه بالا، اثر گذاری مثبت و مقادیر با رتبه پایین، اثر گذاری منفی به خود گرفته اند. قبل از انجام هر گونه تحلیلی روی داده ها، باید آن ها را استاندارد و نرمال سازی کرد. بخصوص زمانی که داده ها چند بُعدی باشند. استفاده از داده های استاندارد نشده ممکن است روی نتایج حاصل از تحلیل ها اثر نامناسبی داشته باشد. استاندارد سازی داده ها کمک می کند که اهمیت آن ها به واحد اندازه گیری شان بستگی نداشته باشد (۴۱). در نتیجه در تحلیل داده های چند متغیره از داده های

خاص زمین‌شناسی، مناطق مسکونی و... اشاره کرد. بر این اساس اگر هر کدام از این مناطق در محدوده مورد مطالعه قرار بگیرند، با اعمال غربال اولیه آن قسمت حذف می‌شوند.

موقعیت‌هایی که امکان اجرا دارند عدد ۱ و به موقعیت‌هایی که امکان اجرا ندارند عدد صفر داده شده است. به طور کلی در میان لایه‌های اطلاعاتی می‌توان به لایه‌های چشم‌انداز، ساختارهای

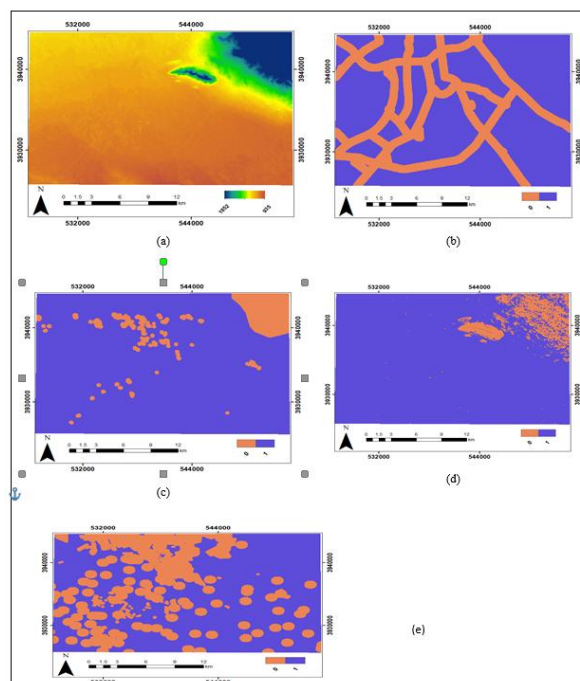
جدول ۸. عوامل محدودیت در نظر گرفته شده برای احداث سایت دفن زباله (۴۳)

عامل	معیار برای تهیه نقشه محدودیت
ارتفاع	بیش از ۲۰۰۰ متر
شیب	شیب بیشتر از ۱۵ درصد
جاده	حریم ۱۰۰۰ متری
پارک‌ها و مناطق حفاظت شده	حریم ۲۰۰۰ متری
مناطق شهری و روستایی	حریم ۵۰۰۰ متری

محدودیت مناطق حفاظت شده منطقه مورد مطالعه، (d): نقشه محدودین شیب بالاتر از ۱۵ درصد منطقه مورد مطالعه، (e): نقشه محدودیت مناطق شهری و روستایی منطقه مورد مطالعه

نقشه نهایی مکان‌یابی دفع پسماند بیمارستانی در جنوب تهران، با اعمال نقشه‌های محدودیت در شکل (۳)، نشان داده شده است. مناطق سفید رنگ به عنوان مناطق محدودیت بوده و از مکان‌های انتخاب شده حذف شده‌اند. کل منطقه در چهار کلاس، ضعیف، متوسط، تا حدی مناسب و بسیار مناسب دسته‌بندی شده‌اند. مناطق آبی رنگ یا بسیار مناسب در سه بخش از منطقه قرار گرفته‌اند. بخش شمال غربی، بخش مرکزی و بخش جنوب شرقی می‌باشند که بخش مرکزی با توجه به دسترسی بهتر کل منطقه می‌تواند انتخاب بهتری نسبت به بقیه باشد. گفتنی است بخش شمال شرقی هرچند که به کلان‌شهر تهران نزدیکتر است اما با توجه به نزدیکی به مناطق مسکونی توصیه نمی‌شود با توجه به اطلاعات به دست آمده در مجموع هشت نقطه به عنوان مکان‌های منتخبی در بخش مرکزی پیشنهاد شده است که در شکل (۴) قابل مشاهده است و در جدول (۹) نیز فاصله‌ی هر نقطه به معیارهای موردنظر را نشان می‌دهد.

شکل (۲) و محدودیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند. با توجه به اینکه تغییرات ارتفاعی در منطقه از ۹۳۵ تا ۱۸۵۲ متر می‌باشد در نتیجه عامل ارتفاع به عنوان محدودیت وجود ندارد. اما سایر پارامترها از قبیل شیب، جاده، مناطق مسکونی شهری و مناطق فضای سبز اعمال شده‌اند.



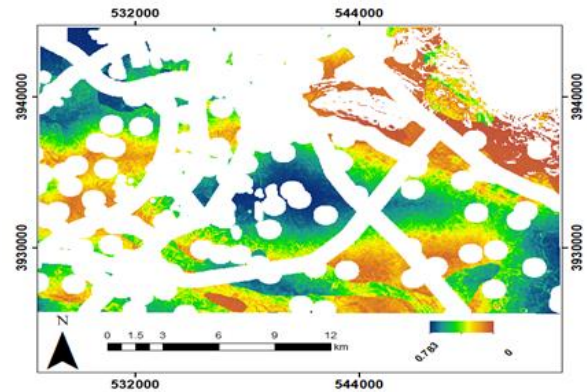
شکل ۲. (a): نقشه تغییرات ارتفاعی DEM منطقه مورد مطالعه، (b): نقشه محدودیت شبکه راه‌ها منطقه مورد مطالعه، (c): نقشه

بندی مکان‌ها ارائه شده است. (البته مکان‌یابی توسط فرآیند قوی GIS انجام شده است). روش‌های MCDM با فرآیند اتخاذ تصمیم‌ر مورد یافتن مناسب‌ترین گزینه با استفاده از معیارهای چندگانه و معمولاً متناقض سر و کار دارد. مدل‌های SWARA (۲۰۱۰) به بعد توسعه یافته و MAIRCA (۲۰۱۴) به بعد ایجاد و ابداع و توسعه یافته است. SWARA برای ارزیابی و محاسبه اهمیت نسبی هر معیار به کار گرفته می‌شود و روش MAIRCA نیز به منظور ارزیابی گزینه‌های شناسایی شده مرتبط با موضوع انتخاب (مکان مناسب برای پسماندهای بیمارستانی) مورد استفاده قرار گرفته است.

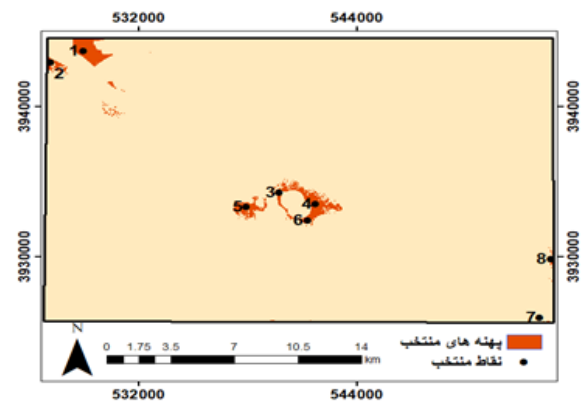
تحلیل مقایسه‌ای (تطبیقی) ایده آل-واقعی چند شاخصه

روش مایرکا در سال ۲۰۱۴ توسط مرکز تحقیقات لجستیک (پشتیبانی) در دانشگاه دفاع بلگراد (صربستان) توسعه یافته است. مفروضات اصلی این روش در تعیین شکاف (فاصله) بین مقادیر وزن‌های ایده آل و تجربی است (۴۴). مجموع این شکاف‌ها (فواصل) در هر معیار، شکاف‌های کلی (مجموع شکاف) را برای هر گزینه مشاهده شده، ارائه می‌دهد. در نهایت این مورد منجر به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌شود و گزینه‌ای که مجموع مقادیر شکاف (فواصل) آن کم‌ترین مقدار باشد، بهترین رتبه را کسب می‌کند. این گزینه نزدیک‌ترین مقادیر را نسبت به وزن‌های تجربی براساس بیشترین معیارها دارا می‌باشد. الگوریتم این روش در ۶ مرحله انجام می‌شود.

مرحله ۱: تشکیل ماتریس تصمیم اولیه (X)، ماتریس تصمیم اولیه برای هر یک از گزینه‌های مشاهده شده تعیین شد. ارزش‌های معیار: $(X_{ij} = i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$. معادله یا همان ماتریس X، براساس ترجیحات شخصی تصمیم‌گیرنده یا بررسی اجماع نظر تصمیمات خبرگان به دست می‌آید.



شکل ۳. نقشه نهایی مکان‌های متناسب جهت دفع پسماندهای بیمارستانی



شکل ۴. نهایی نقاط و پهنه‌های منتخب جهت دفع پسماندهای بیمارستانی

با توجه به نقشه‌های نهایی که به دست آمده در نهایت هشت مکان به عنوان مکان‌های منتخب جهت دفع پسماندهای بیمارستانی در جنوب شرقی تهران به دست آمدند که با روش MAIRCA به رتبه‌بندی این مکان‌ها خواهیم پرداخت، سپس بهترین مکانی را که به دست آمد به عنوان مکان نهایی جهت دفع پسماندهای بیمارستانی انتخاب می‌کنیم.

رتبه‌بندی مکان‌های منتخب

بعد از مشخص شدن مکان‌های منتخب از روش MAIRCA برای رتبه‌بندی مکان‌های منتخب استفاده می‌کنیم. این مدل ترکیبی SWARA-MAIRCA رویکردی جدیدی در حوزه MCDM است که در پژوهش خود جهت تعیین وزن مشخصه‌ها و رتبه

$$P_{Ai} = \frac{1}{m} \quad ; \quad \sum_{i=1}^m P_{Ai} = 1 \quad ; \quad i = 1.2 \dots m \quad \text{رابطه ۹}$$

در تحلیل فرآیند تصمیم‌گیری، با احتمالات داده شده ما فرض می‌کنیم تصمیم‌گیرنده (DM) نسبت به ریسک خنثی (بی طرف) عمل می‌کند. انتخاب گزینه‌های مطمئن، برابر هستند با:

$$P_{A1} = P_{A2} = \dots = P_{Am} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

مرحله ۳: محاسبات عناصر ماتریس ارزیابی بی نظری (T_p).

ماتریس ارزیابی نظری T_p با فرمت $n \times m$ (n : مجموع تعداد معیارهاست، m : مجموع تعداد گزینه‌هاست). عناصر ماتریس ارزیابی نظری (t_{pij}) به صورت ضریب ترجیحات برای هر یک از گزینه‌های P_{Ai} و وزن‌های معیار ($W_i; i = 1.2 \dots n$) محاسبه می‌شود.

$$T_p = \begin{bmatrix} P_{A1} & P_{A2} & \vdots & P_{Am} \\ t_{p11} & t_{p12} & \dots & t_{p1n} \\ t_{p21} & t_{p22} & \dots & t_{p2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{pm1} & t_{pm2} & \dots & t_{pmn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{A1} \\ P_{A2} \\ \vdots \\ P_{Am} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 & W_2 & \dots & W_n \\ P_{A1}W_1 & P_{A1}W_2 & \dots & P_{A1}W_n \\ P_{A2}W_1 & P_{A2}W_2 & \dots & P_{A2}W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{Am}W_1 & P_{Am}W_2 & \dots & P_{Am}W_n \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

است. آن گاه، معادله یا ماتریس بالا می‌تواند به معادله یا شرایط زیر دست یابد. که در آن n تعداد کل معیارهاست و t_{pi} ارزیابی تئوری است.

$$T_p = P_{Ai} \begin{bmatrix} W_1 & W_2 & \dots & W_n \\ t_{p1} & t_{p2} & \dots & t_{pn} \end{bmatrix} = P_{Ai} \begin{bmatrix} W_1 & W_2 & \dots & W_n \\ P_{Ai}W_1 & P_{Ai}W_2 & \dots & P_{Ai}W_n \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$T_r = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ t_{r11} & t_{r12} & \dots & t_{r1n} \\ t_{r21} & t_{r22} & \dots & t_{r2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{rm1} & t_{rm2} & \dots & t_{rmn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

مرحله ۴: تعیین معادله (ماتریس) ارزیابی واقعی

$$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۸}$$

مرحله ۲: تعیین ترجیحات به منظور انتخاب گزینه (P_{Ai}) در حین انتخاب گزینه، تصمیم‌گیرنده در این فرآیند، بی طرف (خنثی) است. در واقع تصمیم‌گیرنده (DM) هیچ اولییتی برای انتخاب گزینه ندارد. فرض بر این است که DM هیچ دخالتی در انتخاب گزینه ندارد. تصمیم‌گیرنده به هر یک از گزینه‌ها به نحوی می‌نگرد که برای هر یک به طور برابر احتمال نمایش داده شدن وجود دارد. بنابراین احتمال انتخاب گزینه از بین تعداد m گزینه برابر است با:

واقعی (t_{pij}) محاسبه می شود، یا با تفریق عناصر ماتریس ارزیابی نظری (T_p) با عناصر ارزیابی واقعی (T_r) محاسبه می شود.

X_i^+ : درایه های ماتریس تصمیم گیری اولیه هستند، بزرگ ترین مقدار دارای ارزش ماتریس اولیه است و X_i^- : کوچک ترین مقدار دارای ارزش هر معیار ماتریس اولیه است.

$$X_i^+ = \text{Max}(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$X_i^- = \text{Min}(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad \text{رابطه ۱۷}$$

مرحله ۵: محاسبه ماتریس شکاف کل (G): عناصر ماتریس G به عنوان تفاوت (شکاف) بین ارزیابی نظری (t_{pij}) و ارزیابی واقعی (t_{rij}) محاسبه می شود، یا با تفریق عناصر ماتریس ارزیابی نظری (T_p) با عناصر ارزیابی واقعی (T_r) محاسبه می شود.

$$G = T_p - T_r = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1} & g_{m2} & \dots & g_{mn} \end{bmatrix}$$

در رابطه (۲۰)، مقدار g_{ij} باید به صفر برسد، زیرا، گزینه با کوچک ترین تفاوت بین ارزیابی نظری (t_{pij}) و ارزیابی واقعی (t_{rij}) انتخاب شده است. اگر گزینه A_i برای معیار C_i باشد، ارزش ارزیابی نظری برابر با ارزش واقعی می شود. ($t_{pij} = t_{rij}$). آن گاه شکاف برای گزینه A_i برای معیار C_i ، $g_{ij} = 0$ است. در واقع گزینه A_i برای معیار C_i بهترین (ایده آل ترین) گزینه X_i^+ است. اگر گزینه A_i برای معیار C_i باشد، ارزش ارزیابی نظری دارد. و ارزش واقعی مجاز $t_{rij} = 0$ می شود. آن گاه شکاف برای گزینه A_i برای معیار C_i

از آن جایی که n تعداد کل معیارهاست و m تعداد کل گزینه هاست. محاسبه عناصر ماتریس ارزیابی واقعی (T_r) با ضرب عناصر ماتریس ارزیابی واقعی (T_p) و عناصر ماتریس تصمیم گیری اولیه (X) بر اساس معادلات: رابطه (۱۴)، برای معیار نوع سود (یعنی معیار جنبه مثبت) (یعنی معیار بزرگ تر مطلوب است) ، رابطه (۱۵)، برای معیار نوع هزینه (یعنی معیار با جنبه منفی) (معیار کوچک تر مطلوب است):

$$t_{rij} = t_{pij} \left(\frac{X_{ij} - X_i^-}{X_i^+ - X_i^-} \right) \quad \text{رابطه ۱۴}$$

$$t_{rij} = t_{pij} \left(\frac{X_{ij} - X_i^+}{X_i^- - X_i^+} \right) \quad \text{رابطه ۱۵}$$

مرحله ۵: محاسبه ماتریس شکاف کل (G): عناصر ماتریس G به عنوان تفاوت (شکاف) بین ارزیابی نظری (t_{pij}) و ارزیابی

$$\text{رابطه ۱۸} \quad \begin{bmatrix} t_{p11} - t_{r11} & t_{p12} - t_{r12} & \dots & t_{p1n} - t_{r1n} \\ t_{p21} - t_{r21} & t_{p22} - t_{r22} & \dots & t_{p2n} - t_{r2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{pm1} - t_{rm1} & t_{pm2} - t_{rm2} & \dots & t_{pmn} - t_{rmn} \end{bmatrix}$$

رابطه (۱۹) شکاف (فاصله) را مشخص می کند:

$$g_{ij} \in [0, (t_{pij} - t_{rij})] \quad \text{رابطه ۱۹}$$

بین صفر تا مقدار مشخص شده ($t_{pij} - t_{rij}$)، براساس معادله زیر به دست می آید:

$$g_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{if } t_{pij} = t_{rij} \\ t_{pij} - t_{rij} & \text{if } t_{pij} > t_{rij} \end{cases} \quad \text{رابطه ۲۰}$$

رابطه ۲۱ $Q_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}$ است. در واقع گزینه A_i برای معیار C_i بدترین (ضد ایده آل ترین) X_i^- گزینه است.

با توجه به الگوریتم MAIRCA، بنابراین در حل مسئله رتبه بندی مکان های دفع پسماندهای بیمارستانی (گزینه ها) یک ماتریس ۹*۸ خواهیم داشت که ماتریس تصمیم نامیده می شود و اطلاعات آن در جدول (۹) آمده است:

مرحله ۶: محاسبه ارزش های توابع نهایی معیار (Q_i) برای گزینه ها. ارزش توابع معیار از مجموع شکاف ها (g_{ij}) برای گزینه ها یا فقط جمع عناصر ماتریس (G) در ستون ها با استفاده از رابطه زیر به دست می آید.

جدول ۹. ماتریس تصمیم برای انتخاب محل دفع پسماندهای بیمارستانی

معیار ماهیت معیار	شیب منفی	ارتفاع منفی	جنس خاک مثبت	فاصله از گسل مثبت	فاصله از آب های سطحی مثبت	عمق آب های زیرزمینی مثبت	فاصله مناطق مسکونی مثبت	فاصله مناطق درمانی و بیمارستانی منفی	فاصله از جاده منفی
W	۰,۳۰۳	۰,۲۱۹۶	۰,۱۶۵۷	۰,۱۲۵۱	۰,۰۷۵۹	۰,۰۵۱۴	۰,۰۲۷۹	۰,۰۱۹۲	۰,۰۱۲
L ₁	۱,۹۷	۱۰۹۶	۱	۲۵۸۰,۲	۱۱۳۱۷	۲۳,۷	۷۲۰,۶	۱۰۱۸,۲	۸۴۹,۱
L ₂	۱,۰۳۵	۱۰۹۸	۱	۲۱۰۰	۱۰۶۵۸	۲۳,۶	۸۶۵,۳	۱۲۳۵,۵	۷۲۵,۶
L ₃	۱,۳۹	۱۰۱۶	۱	۳۹۶۰,۱	۴۷۴۴,۶	۱۳,۴	۳۴۲,۱	۳۸۷۸,۸	۲۴۱۹
L ₄	۰,۳۴	۱۰۰۸	۱	۴۸۴۱,۳	۴۴۲۸,۸	۱۲	۴۵۷	۴۷۴۹,۶	۱۵۹۸
L ₅	۱,۲۲	۱۰۱۲	۱	۴۱۷۴,۲	۶۵۷۰	۱۱,۶	۴۴۶	۱۸۵۳,۲	۱۰۷۳
L ₆	۰,۷۵	۱۰۰۸	۱	۳۷۵۰	۴۳۶۰,۹	۱۴	۴۱۶,۸	۴۹۸۰	۲۵۵۴
L ₇	۲,۰۵	۹۷۳	۱	۴۸۱۱,۳	۳۲۳,۱	۹,۷	۴۰۲,۵	۹۳۰۱,۵	۴۴۷۸
L ₈	۲,۱۳	۹۷۶	۱	۴۴۴۰,۱	۲۲۲۵,۱	۱۰,۹	۱۲۰۹,۳	۶۱۲۸,۳	۲۹۷۲

سپس با استفاده از روابط نرمالیزه، ماتریس تصمیم نرمالیزه شد که در جدول (۱۰) آمده است:

از آن جایی که تمامی گزینه ها برای شاخص جنس خاک برابر با ۱ است، به همین دلیل تاثیری در جواب نخواهد داشت و از آن صرف نظر کرده و وزن آن بین سایر معیارهای ارزیابی تسهیم شد.

جدول ۱۰. ماتریس نرمالیزه تصمیم گیری

معیار	شیب	ارتفاع	گسل	سطحی	آب های	عمق آب های	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله مناطق درمانی و بیمارستانی	جمع
L ₁	۰,۰۳۶۸	۰,۰۲۹۶	۰,۰۱۵	۰	۰	۰,۰۰۳۴	۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۸۵
L ₂	۰,۰۱۵۷	۰,۰۰۳	۰,۰۱۸۲	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۲۴	۰,۰۰۰۱	۰	۰,۰۶۷
L ₃	۰,۰۲۳۷	۰,۰۱۰۳	۰,۰۰۵۹	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۶۶	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۱۷	۰,۰۰۱۹	۰,۰۶۳
L ₄	۰	۰,۰۰۸۴	۰	۰,۰۰۷۶	۰,۰۰۷۵	۰,۰۰۵۳	۰,۰۰۲۲	۰,۰۰۱	۰,۰۳۲
L ₅	۰,۰۱۹۹	۰,۰۰۹۴	۰,۰۰۴۴	۰,۰۰۵۲	۰,۰۰۷۸	۰,۰۰۵۴	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۰۴	۰,۰۵۳
L ₆	۰,۰۰۹۳	۰,۰۰۸۴	۰,۰۰۷۳	۰,۰۰۷۶	۰,۰۰۶۲	۰,۰۰۵۶	۰,۰۰۲۴	۰,۰۰۰۲	۰,۰۴۹

L ₇	۰,۰۳۸۷	۰	۰,۰۰۰۲	۰,۰۱۲۱	۰,۰۰۰۹	۰,۰۰۵۷	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۰۴۱	۰,۰۰۷۵
L ₈	۰,۰۴۰۵	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۲۷	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰۸۲	۰	۰,۰۰۰۳۱	۰,۰۰۰۲۵	۰,۰۰۶۸

در نهایت مقادیر هر یک از گزینه ها برای تمامی معیارهای به دست آمده باهم جمع و مقدار Q به دست آمد که در جدول بالا مشخص شده است. سپس مقادیر Q به صورت صعودی مرتب شده و گزینه های دارای مقادیر Q کمتر دارای رتبه های بالاتری خواهد داشت که نتیجه نهایی در جدول (۱۱) مشاهده می شود:

جدول ۱۱. رتبه بندی محل های دفع پسماندهای بیمارستانی به روش MAIRCA

گزینه	Q	رتبه
L4	۰,۰۳۲	1
L6	۰,۰۴۸۸	2
L5	۰,۰۵۲۹	3
L3	۰,۰۶۳۴	4
L2	۰,۰۶۷۳	5
L8	۰,۰۶۷۶	6
L7	۰,۰۷۴۷	7
L1	۰,۰۸۵	8

پسماندهای بیمارستانی در جنوب شرقی شهر تهران به خود اختصاص داده اند. جدول ۱۳ نتایج رتبه بندی جایگزین را براساس معیارهای جدول ۸ با روش های MOORA و TOPSIS و VIKOR و مقایسه آن با رتبه بندی گزینه ها توسط MAIRCA را نشان می دهد.

براساس نتایج جدول (۱۱)، رتبه بندی مکان های منتخبی نشان می دهد که مکان (گزینه) چهارم رتبه ی اول را در بین هشت مکان منتخب برای دفع پسماندهای بیمارستانی به دست آورده است و مکان های ششم، پنجم، سوم، دوم، هشتم، هفتم و اول به ترتیب رتبه های دوم، سوم، چهارم، پنجم، ششم، هفتم و هشتم برای محل دفع

جدول ۱۳-رتبه بندی گزینه ها با استفاده از روش های MAIRCA، MOORA، TOPSIS، VIKOR و MAIRCA

MAIRCA	MOORA	TOPSIS	VIKOR	MAIRCA	MOORA	TOPSIS	VIKOR	گزینه
رتبه	Q	رتبه	Q	رتبه	Q	رتبه	Q	
۸	۰,۰۸۵	۵	-۰,۱۰۰	۶	۰,۳۵	۸	۰,۹۴۴	A ₁
۵	۰,۰۶۷	۲	-۰,۰۳۵	۳	۰,۶۱۹	۵	۰,۶۷۱	A ₂
۴	۰,۰۶۳	۶	-۰,۱۰۷	۵	۰,۴۲۵	۴	۰,۵۳۶	A ₃
۱	۰,۰۳۲	۱	-۰,۰۱۴	۱	۰,۷۵۹	۱	۰	A ₄

A ₅	۰,۳۷۷	۳	۰,۵۲۷	۴	-۰,۰۶۹	۴	۰,۰۵۳	۳
A ₆	۰,۱۷۲	۲	۰,۶۵۸	۲	-۰,۰۶۳	۳	۰,۰۴۹	۲
A ₇	۰,۸۷۵	۷	۰,۲۰۱	۸	-۰,۱۹۶	۸	۰,۰۷۵	۷
A ₈	۰,۸۳۶	۶	۰,۲۲۲	۷	-۰,۱۵۸	۷	۰,۰۶۸	۶

جغرافیا و برنامه ریزی شهری در این منطقه حائز اهمیت بود، جمع آوری شد که از جمله شیب، ارتفاع، جنس خاک، فاصله از گسل، فاصله از پوشش گیاهی، فاصله از آب های سطحی، عمق آب های زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از بیمارستان ها، فاصله از گونه های حیات وحش، خطوط انتقال نیرو، فاصله از جاده، معیارهای پیشنهادی و مهم آن ها در این منطقه بود. که با به کارگیری روش دلفی فازی در نهایت معیارهای شیب، ارتفاع، جنس خاک، فاصله از گسل، فاصله از آب های سطحی، عمق آب های زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از بیمارستان ها و فاصله از جاده انتخاب شدند. سپس آماده سازی لایه، استاندارد کردن و وزن دهی آن ها مشخص گشت با تلفیق لایه ها و اعمال مدل، به منظور دست یابی به مکان دفن بهداشتی مناسب نمایش داده شد. مطالعه ی حاضر برای نخستین بار از یک فرآیند ترکیبی FSWARA-MAIRCA، در حوزه ی مسائل مکان یابی دفن پسماند بیمارستانی استفاده کرده است.

این روش از ترکیب اطلاعات مربوط به چندین معیار برای تشکیل یک شاخص ارزیابی استفاده می کند، و با فراهم کردن شرایط لازم برای در نظر گرفتن معیارهای مختلف، به تصمیم گیران در انتخاب بهترین مکان کمک می کند.

نتایج نشان می دهد مطالعه ی حاضر به دلیل استفاده از روش فازی مبنا و به کارگیری معیارهای کمی و کیفی و در سطح جزئی تر به این دلایل کارایی بهتری داشته است. (۱) هم روش FSWARA - برای وزن دهی به معیارها و هم روش MAIRCA برای رتبه بندی، به تصمیم گیرنده انتخاب شاخص های تصمیم گیری در یک مقیاس بازه ای به جای مقیاس باینری را امکان می دهد. (۲) روش MAIRCA توانایی به کارگیری معیارهای کیفی با مقیاس های وصفی یا ترتیبی در همان ماهیت

مقایسه نتایج به دست آمده از روش MAIRCA با روش های MOORA و TOPSIS و VIKOR نشان می دهد که رتبه بندی گزینه ها از روش MAIRCA و روش VIKOR کاملا مشابه است و در هر دو روش مکان های چهارم، ششم، پنجم، سوم، دوم، هشتم، هفتم و هشتم رتبه های اول تا هشتم را به خود اختصاص داده اند البته در روش های MOORA و TOPSIS نیز مکان چهارم، رتبه ی اول را در بین هشت مکان منتخب به دست آورد اما در سایر گزینه ها رتبه ها به اندازه کمی متفاوت است. یکی از دلایلی که روش MAIRCA و روش VIKOR نتایج کاملا مشابهی ارائه دادند آن جاست که هر دو دارای روش مشابه معمول نرمال سازی داده ها می باشند.

بحث و نتیجه گیری

انتخاب محل های نامناسب جهت دفع پسماندهای بیمارستانی در جنوب شرقی استان تهران، یکی از مشکلات محیط زیستی این منطقه می باشد که باعث بروز خسارت به محیط زیست و آلودگی آب های زیرزمینی در این منطقه شده است. از آن جایی که در حال حاضر دفن پسماندها عمده ترین، مقبول ترین و اقتصادی ترین روش دفع در بسیاری از مناطق است، اولین مرحله از فرآیند دفن بهداشتی پسماندهای بیمارستانی، مکان یابی و تعیین محل و محدوده مناسب، برای این منظور می باشد. به طور کلی یک محل دفن باید در مکانی استقرار یابد که از جهات گوناگون اعم از زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی، کم ترین آسیب را داشته باشد. در این راستا، ابتدا معیارهایی که از نظر خبرگان و متخصصان

پایین آمدن هزینه خطرات ناشی از آلودگی زیست محیطی). این تصمیمات به شکلی می‌باشد که هزینه‌های سیستم مدیریت پسماند شهرداری‌ها را کمینه کند. علاوه بر این می‌توان با تغییر پارامترهای مدل، تاثیر هر کدام از آن‌ها بر هزینه‌های سیستم را مورد بررسی قرار داده و پارامترهای بحرانی و مهم را شناسایی کرد. این موضوع به مدیریت بهتر این پارامترها به لحاظ کمی و کیفی کمک خواهد کرد. این تحقیق باعث خواهد شد تا مدیران و تصمیم‌گیران مطمئن شوند که می‌توانند با پیدا کردن محل دقیق دفع پسماندهای بیمارستانی ریسک‌های ناشی از آلودگی زیست محیطی را کاهش دهند. مدیران شهری باید نگاه یکپارچه به مباحث مدیریت پسماندهای بیمارستانی داشته باشند. توجه صرف به یک بخش یا عدم توجه به سایر تصمیمات مدیریت پسماند می‌تواند کاربردی بودن نتایج دفع پسماندهای بیمارستان را به شدت کاهش دهد. به عنوان نمونه، هنگام تصمیم‌گیری باید توجه لازم به شرایط و مسائل دنیای واقعی وجود داشته باشد. مباحثی نظیر در نظرگیری پارامترهای بوم‌شناختی و محیطی (گسل، جنس خاک، پوشش گیاهی و ...)، ژئومورفولوژی (شیب، ارتفاع و ...)، ژئوهیدرولوژیکی (فاصله از آب‌های سطحی، عمق آب‌های سطحی یا زیر زمینی، نفوذپذیری سطحی و ...)، هیدرولوژی (سیل، بارش، دما و ...)، اقتصادی-اجتماعی (فاصله از مناطق جمعیتی، دسترسی به راه‌های ارتباطی و ...) مدل شود. غفلت از این موارد می‌تواند منجر به غیر کاربردی شدن و حتی فریبنده بودن نتایج حاصل از مدل مکان‌یابی شود. با توجه به اهمیت بحث مدیریت پسماندهای بیمارستانی، لازم است تا مدیران و تصمیم‌گیرندگان در این قبیل زنجیره‌ها از نگاه صرف مالی به مسائل خودداری نموده و افزون بر شاخص‌های مالی، فاکتورهای زیست محیطی را نیز در مدل مکان‌یابی خود در نظر بگیرند.

تشکر و قدردانی

از کارشناسان سازمان آب و فاضلاب استان تهران، گروه سنجش از دور و GIS دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران برای حمایت بی‌نظیر در انجام این تحقیق کمال تشکر را داریم.

اولیه و بدون تبدیل مقیاس دارد. مفروضات اصلی این روش در تعیین شکاف (فاصله) بین مقادیر وزن‌های ایده‌آل و تجربی است. مجموع این شکاف‌ها (فواصل) در هر معیار، شکاف‌های کلی (مجموع شکاف) را برای هر گزینه مشاهده شده، ارائه می‌دهد. در نهایت این مورد منجر به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌شود و گزینه‌ای که مجموع مقادیر شکاف (فواصل) آن کم‌ترین مقدار باشد، بهترین رتبه را کسب می‌کند. این گزینه نزدیک‌ترین مقادیر را نسبت به وزن‌های تجربی براساس بیشترین معیارها دارا می‌باشد. (۳) قرارگیری مکان‌های انتخابی در مناطق با استانداردهای زیست محیطی بالا. با استفاده از روش ترکیبی یاد داد شده در فوق، به منظور تعیین مکان دفن پسماندهای بیمارستانی که در جنوب شرقی تهران واقع شده‌اند، از بین پهنه‌های مکان‌یابی شده، هشت مکان به عنوان مکان‌های ارجح انتخاب شدند که در نهایت از بین این هشت مکان، نقطه‌ی چهارم به عنوان مکان‌نهایی برای دفع پسماندهای بیمارستانی در منطقه‌ی جنوب شرقی تهران با توجه به معیارهای مورد نظر با مشخصات شیب 34 درجه، ارتفاع 1008 متر، فاصله از گسل 3 / 4841 متر، فاصله از آب‌های سطحی 8 / 4428 متر، عمق آب‌های زیرزمینی 12 متر، فاصله از مناطق مسکونی با فاصله 457 متر، فاصله از مناطق درمانی و بیمارستانی با 6 / 4749 متر، فاصله از جاده با 1598 متر، انتخاب شده برای اعتبارسنجی نتایج به دست آمده، روش‌های MOORA و TOPSIS و VIKOR نیز برای رتبه‌بندی گزینه‌های انتخابی به کار گرفته شد، که مقایسه نتایج به دست آمده از روش MAIRCA با روش‌های MOORA و TOPSIS و VIKOR نشان داد که هر چهار روش مکان چهارم را به عنوان مکان منتخب برای دفع پسماندهای بیمارستانی در نظر گرفتند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق، تصمیمات استراتژیک در کنار تصمیمات اجرایی لازمه مدیریت پسماند می‌باشد. مدل ارائه شده هم در اتخاذ تصمیمات استراتژیک (یافتن محل بهینه مراکز دفع) به مدیران کمک خواهد کرد و هم در اتخاذ تصمیمات اجرایی

این مطالعه فاقد تضاد منافع می باشد.

تعارض منافع

*Original Article***Investigation a model based on multicriteria decision making-GIS for the site selection of hospital waste disposal based on environmental criteria: a case study from Tehran, Iran**

Received: 21/04/2021 - Accepted: 21/09/2021

Fatemeh Heydari-Pirbasti¹
Mahmoud Modiri^{2*}
Kiamars Fathi-Hafashjani³
Alireza Rashidi-Komijan⁴

¹ PhD of student, Department of Industrial Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

² Assistant Professor, Department of Industrial Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)

³ Assistant Professor, PhD in Industrial Management, Department of Industrial Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

⁴ Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran.

Email: M_Modiri@azad.ac.ir

Abstract

Introduction: Selection of unsuitable locations for disposal of hospital waste in the southeast of Tehran province is one of the environmental problems in this area, which has caused damage to the environment and pollution of groundwater in this area. It is the main, most acceptable and most economical method of disposal in many areas. The present study was conducted with the aim of locating the disposal site of hospital waste in the southeast of Tehran.

Methods: This study used a novel method for selecting HCW landfills in Tehran that relied on the fuzzy stepwise weight assessment ratio analysis method (FSWARA) and the geographic information technology system (GIS), which reduced comparisons in gathering expert opinions, simplified the selection process, and improved evaluation methods. The fuzzy Delphi approach was used to identify 9 criteria in the first place. The weight of each criterion was then calculated as information layers utilizing the FSWARA to produce the final maps for the relevant zones.

Results: Following that, the selected locations were ranked using the multi-attributive ideal-real comparative analysis method (MAIRCA), and the fourth point was chosen as the most suitable of the criteria with 34-degree slope, 1008 meters high, 3.4841 meters distance from fault, 8.4428 meters distance from surface water, 12 meters groundwater depth, 457 meters distance from residential areas, 6.4749.6 meters distance from hospitals, and 1598 meters' distance.

Conclusion: Finally, use the multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA), technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS), and vlse kriterijumsk optimizacija kompromisno resenje (VIKOR) methodologies to compare and validate the findings' dependability.

Keywords: Disposal Site, Hospital Waste, Location

References

1. Wichapa N, Khokhajaikiat P. Solving multi-objective facility location problem using the fuzzy analytical hierarchy process and goal programming: a case study on infectious waste disposal centers. *Oper Res Perspect*. 2017;4:39-48.
2. Marinkovic N, Vitale K, Janev Holcer N, Dzakula A, Pavic T. Management of hazardous medical waste in Croatia. *Waste Manage*. 2008;28:1049-56.
3. Delage P. On the thermal impact on the excavation damaged zone around deep radioactive waste disposal. *J Rock Mech Geotech Eng*. 2013;5:179-90.
4. Caniato M, Tudor T, Vaccari M. International governance structures for health-care waste management: A systematic review of scientific literature. *J Environ Manage*. 2015;153:93-107.
5. Tadesse ML, Kumie A. Healthcare waste generation and management practice in government health centers of Addis Ababa, Ethiopia. *BMC Pub Health*. 2014;14:1-9.
6. Basu S, Sharma M, Ghosh PS. Metaheuristic applications on discrete facility location problems: a survey. *OPSEARCH*. 2015;52:530-61.
7. Chauhan A, Singh A. Modelling the drivers of healthcare waste management in India: a policy perspective. *Manag Environ Qual*. 2018;29:456-71.
8. Chauhan A, Singh A. Healthcare waste management: a state-of-the-art literature review. *Int J Environ Waste Manag*. 2016;18:120-44.
9. Moeinaddini M, Khorasani N, Danehkar A, Darvishsefat AA, Zienalyan M. Siting MSW Landfill Using Weighted Linear Combination and Analytical Hierarchy Process (AHP) Methodology in GIS Environment (Case Study: Karaj). *Waste Manage*. 2010;30:912-20.
10. Wichapa N, Khokhajaikiat P. A Hybrid Multi-Criteria Analysis Model for Solving the Facility Location-Allocation Problem: A Case Study of Infectious Waste Disposal. *J Eng Technol Sci*. 2018;50:698-718.
11. Gigovic L, Pamucar D, Bajic Z, Milićević M. The Combination of Expert Judgment and GIS-MAIRCA Analysis for the Selection of Sites for Ammunition Depots. *Sustainability*. 2016;8:1-30.
12. Malczewski J. Review article GIS-based multi-criteria decision analysis: A survey of the literature. *Int J Geogr Inf Sci*. 2006;20:703-26.
13. Kharat MG, Kamble SJ, Raut RD, Kamble SS, Dhume SM. Modeling landfill site selection using an integrated fuzzy MCDM approach. *Model Earth Syst Environ*. 2016;2:1-16.
14. Donevska KR, Gorsevski PV, Jovanovski M, Pesevski I. Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic. AHP and geographic information systems. *Environ Earth Sci*. 2012;67:121-31.
15. De-Feo G, De-Gisi S. Using MCDA and GIS for hazardous waste landfill siting considering land scarcity for waste disposal. *Waste Manage*. 2014;34:2225-38.
16. Chauhan A, Singh A. A hybrid multi-criteria decision-making method approach for selecting a sustainable location of healthcare waste disposal facility. *J Clean Prod*. 2016;139:1001-10.
17. Eghtesadifard M, Afkhami P, Bazyar A. An integrated approach to the selection of municipal solid waste landfills through GIS, K-Means and multi-criteria decision analysis. *Environ Res*. 2020;185:1-16.
18. Sisay G, Gebre SL, Getahun K. GIS-based potential landfill site selection using MCDM-AHP modeling of Gondar Town: Ethiopia. *Afr Geogr Rev*. 2020;39:1-20.
19. Tercan E, Dereli MA, Tapkın S. A GIS-based multi-criteria evaluation for MSW landfill site selection in Antalya, Burdur, Isparta planning zone in Turkey. *Environ Earth Sci*. 2020;79:1-17.
20. Chabok M, Asakereh A, Bahrami H, Jaafarzadeh NO. Selection of MSW landfill site by fuzzy-AHP approach combined with GIS: Case study in Ahvaz Iran. *Environ Monit Assess*. 2020;192:1-15.
21. Danesh G, Monavari SM, Omrani GA, Karbasi A, Farsad F. Compilation of a model for hazardous waste disposal site selection using GIS-based multi-purpose decision making models. *Environ Monit Assess*. 2019;191:1-14.
22. Feyzi S, Khanmohammadi M, Abedinzadeh N, Aalipour M. Multi- criteria decision analysis FANP based on GIS for siting municipal solid waste incineration power plant in the north of Iran, Sustainable Cities and Society. *Sustain Cities Soc*. 2019;47:101513.

23. Mortazavi-Chamchali M, Ghazifard A. The use of fuzzy logic spatial modeling via GIS for landfill site selection (case study: Rudbar Iran). *Environ Earth Sci.* 2019;78:1-16.
24. Abdullah L, Zulkifli N, Liao H, Herrera –Viedma E, Al-Barakati A. An interval-valued intuitionistic fuzzy DEMATEL method combined with Choquet integral for sustainable solid waste management. *Eng Appl Artif Intell.* 2019;82:207-15.
25. Kamdar A, Ali S, Bennui A, Techato K, Jutidamrongphan W. Municipal solid waste landfill siting using an integrated GIS-AHP approach: A case study from Songkhla, Thailand. *Resour Conserv Recycl.* 2019;149:220-35.
26. Ajibade FO, Olajire OO, Ajibade TF, Nwogwu NA, Lasisi KH, Alo AB, et al. Combining multicriteria decision analysis with GIS for suitably siting landfills in a Nigerian state. *Environ Sustain Indic.* 2019;3-4:100010.
27. Islam A, Ali SM, Afzaal M, Iqbal S, Zaidi FSN. Landfill sites selection through analytical hierarchy process for twin cities of Islamabad and Rawalpindi, Pakistan. *Environ Earth Sci.* 2018;77:1-13.
28. Saatsaz M, Monsef I, Rahmani M, Ghods A. Site suitability evaluation of an old operating landfill using AHP and GIS techniques and integrated hydrogeological and geophysical surveys. *Environ Monit Assess.* 2018;190:1- 31.
29. Yousefi H, Javadzadeh Z, Noorollahi Y, Yousefi-Sahzabi A. Landfill Site Selection Using a Multi-Criteria Decision-Making Method: A Case Study of the Salafcheghan Special Economic Zone, Iran. *Sustainability.* 2018;10:1-16.
30. Arca D, Citiroglu HK, Tasoglu IK. A comparison of GIS-based landslide susceptibility assessment of the Satuk village (Yenice, NW Turkey) by frequency ratio and multi-criteria decision methods. *Environ Earth Sci.* 2019;78:1-13.
31. Yildirim V, Memisoglu T, Bediroglu S, Ebru-Colak H. Municipal Solid Waste landfill site selection using multi-Criteria decision making and GIS: case study of bursa province. *J Environ Eng Landsc Manag.* 2018;26:107–19.
32. Arabameri A, Rezaei K, Cerda A, Lombardo L, Rodrigo-Comino J. GIS-based groundwater potential mapping in Shahroud plain, Iran. A comparison among statistical (bivariate and multivariate), data mining and MCDM approaches. *Sci Total Environ.* 2019;658:160–77.
33. Coelho LG, Lange L, Coelho H. Multi-criteria decision making to support waste, management: A critical review of current practices and methods. *Waste Manag Res.* 2017;35:3–28.
34. Keršulienė V, Zavadskas EK, Turskis Z. Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *J Bus Econ Manag.* 2010;11:243–58.
35. Pamučar D, Cirović G. The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC). *Expert Syst Appl.* 2015;42:3016–28.
36. Ishikawa A, Amagasa M, Shiga T, Tomizawa G, Tatsuta R, Mieno H. The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets Syst.* 1993;55:241-53.
37. Rowe G, Wright G. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *Int J Forecast.* 1999;15:353-75.
38. Escobar-Wolf R, Sanders JD, Vishnu CL, Oommen T, Sajinkumar KS. A GIS tool for infinite slope stability analysis (GIS-TISSA). *Geosci Front.* 2021;12:756-68.
39. Ziadat FM, Taylor JC, Brewer TR. Merging Landsat TM imagery with topographic data to aid soil mapping in the Badia region of Jordan. *J Arid Environ.* 2003;54:527-41.
40. Ya'allah SM, Saradjian MR. Automatic Normalization of Satellite Images Using Unchanged Pixels Within Urban Areas. *Inf Fusion.* 2005;6:235–41.
41. Masoudi M, Centeri C, Jakab G, Nel L, Mojtahedi M. GIS-Based Multi-Criteria and Multi-Objective Evaluation for Sustainable Land-Use Planning (Case Study: Qaleh Ganj County, Iran) “Landuse Planning Using MCE and Mola”. *Int J Environ Res.* 2021;15:457–74.
42. Church RL. Geographical information systems and location science. *Comput Oper Res.* 2002;29:541-62

43. Jun C. Design of an intelligent geographic information system for multi-criteria site analysis, *URISA Journal*. 2000;12:5-17.
44. Chatterjee K, Pamucar D, Zavadaskas EK. Evaluating the performance of suppliers based on using the R'AMATEL-MAIRCA method for green supply chain implementation in electronics industry. *J Clean Prod*. 2018;184:101-29