

مکان‌یابی پهنه‌های مناسب برای دفن بهداشتی پسماند شهری در تهران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی

مرجان بدری^۱✉، هومن بهمن‌پور^۲

نوع مقاله: علمی پژوهشی

صفحه ۷ تا ۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۲

چکیده

یکی از مهم‌ترین مشکلات در جوامع بشری یافتن مکانی بهینه برای دفن بهداشتی انواع پسماندها است. هدف از این پژوهش، پهنه‌بندی عرصه‌های مناسب برای دفن بهداشتی پسماند شهری در تهران است. بدین منظور از تکنیک AHP و ابزار GIS استفاده شد. در ابتدا فهرست معیارهای موثر شناسایی شد و سپس نسبت به وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها اقدام شد و در نهایت، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شش دسته معیار شامل فاصله از راه‌های ارتباطی، فاصله از آبراهه، نقاط بارشی، فاصله از گسل، شیب و کاربری اراضی در مکان‌یابی مراکز دفن پسماند موثر هستند. طبق مدل‌سازی صورت گرفته مشخص شد بیشترین وزن با مقدار ۰/۴۱ به لایه فاصله از راه‌های ارتباطی و کم‌ترین وزن به لایه فاصله از مراکز فضای سبز با مقدار ۰/۰۳۶ اختصاص یافت. در نهایت مطابق با نقشه نهایی بدست آمده مشخص شد قسمت‌های شمال‌غربی شهر تهران شامل منطقه ۲۲ شهرداری بیشترین پتانسیل را جهت احداث مراکز دفن پسماند از خود نشان دادند.

واژگان کلیدی: پسماند شهری، مکان‌یابی، دفن بهداشتی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تهران

^۱ ✉ دانشجوی دکتری تخصصی برنامه‌ریزی محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
dr.m.badri.hse@gmail.com

^۲ گروه مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران hbahmanpour@iaui.ac.ir

مقدمه

گسترش بی‌رویه شهرها و در نتیجه افزایش بی‌رویه جمعیت شهری در جهان به ویژه در سالهای اخیر، موجب افزایش بیش از پیش مصرف و در نتیجه افزایش تولید انواع پسماند در مناطق شهری گردیده است (ژو و لی، ۲۰۱۷) (رهامان و همکاران، ۲۰۲۲). آنچه امروزه تبدیل به یک دغدغه در محیط زیست شهری گردیده چگونگی دفع و معدوم‌سازی زباله‌های شهری است. باید توجه داشت که روش‌های مختلف دفع به عوامل و شاخص‌های زیادی بستگی دارد و روش‌های مختلفی از جمله: سوزاندن و تبدیل کمپوست برای دفع پسماندها نیز پیشنهاد گردیده است (آسوری و همکاران، ۲۰۲۲). با این حال به نظر می‌رسد، هنوز هم در بسیاری از مناطق شهری بهترین روش دفع، دفع بهداشتی پسماندها باشد. مواد زائد، اعم از خطرناک و غیرخطرناک، هر سه عنصر خاک، آب و هوا را در معرض خطر قرار می‌دهد (امری، ۲۰۳۳). امروزه با توجه به گسترش روزافزون جمعیت شهری و به دنبال آن افزایش مصرف کالاها و همچنین افزایش انواع پسماند از جمله پسماندهای خانگی، صنعتی، اتمی و ... فعالیت‌های چشمگیری برای حل معضل پسماند و روش‌های مناسب دفن این مواد انجام گرفته است (روی و همکاران، ۲۰۲۲). در این راستا انتخاب یک محل دفن مناسب برای پسماندهای جامد شهری، به دلایل متعدد می‌تواند باعث رفع بسیاری از نگرانی‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی ناشی از دفع پسماندها گردد (اسلام و همکاران، ۲۰۲۲). عدم توجه به مسائل زیست محیطی در بسیاری از شهرهای کشور به عنوان یک دشمن پنهان، محیط زیست محل دفن را تهدید می‌نماید (آندبو و همکاران، ۲۰۲۲). دفن مواد جامد شهری از جمله معضلات اصلی بسیاری از شهرهای کشور از جمله تهران به‌شمار می‌آید. در سایر شهرهای کشور به خصوص شهرهای بزرگ مشکلات ناشی از دفن غیراصولی پسماند، محیط زیست و سلامت شهروندان را بطور نگران‌کننده‌ای تهدید می‌نماید و یکی از معضلات مهم مدیران شهری در کشور،

یافتن محل‌های مناسب دفن پسماند می‌باشد، تا علاوه بر رعایت مساله مقبولیت مردمی، محل دفن حداقل تأثیرات زیست محیطی را داشته باشد (تقوای و همکاران، ۲۰۲۱). باید توجه داشت که روش‌های مختلف دفع پسماند به عوامل و شاخص‌های زیادی بستگی دارد (دئوس و همکاران، ۲۰۲۲) (اکبرپور و همکاران، ۲۰۲۱). برای دفن بهداشتی پسماند معیارها و شاخص‌های متعدد و متنوعی ارایه شده است که هر یک محدودیت‌ها و شرایط خاص خود را دارد (آگیولار و همکاران، ۲۰۱۸). مکان‌یابی سلسله عملیات و اقدامات و تمهیداتی در زمینه حصول اطمینان از وجود شرایط و فراهم آمدن امکان اجرای یک فعالیت است (فیضی و همکاران، ۲۰۲۱). هدف نهایی از مکان‌یابی دستیابی به مناسب‌ترین محلی است که کمترین آثار سو را برای محیط زیست و منابع طبیعی اطراف داشته باشد و از نظر اقتصادی کم‌هزینه‌ترین و از دیدگاه مهندسی نیز بهترین ویژگی را داشته باشد (همیدات و همکاران، ۲۰۲۲). انتخاب محل دفن، مهمترین قدم برای ایجاد و توسعه یک برنامه رضایت‌بخش دفن است. همچنین مکان‌یابی و مدیریت صحیح محل دفن پسماند به عنوان یکی از اصول توسعه پایدار محسوب می‌شود، به‌طوری که از ضروریات طرح‌های توسعه شهری جهت رسیدن به توسعه پایدار است (آکار و و همکاران، ۲۰۲۳).

بدیهی است که بدون استفاده از یک سیستم توانمند، به عنوان ابزاری مطمئن که توانایی استفاده از لایه‌های اطلاعاتی متعدد و تجزیه و تحلیل آنها را داشته باشد، امکان حل بهینه این معضل امکان‌پذیر نخواهد بود. با توجه به توانایی‌های وسیع سیستم اطلاعات جغرافیایی در مسائل تصمیم‌گیری و توانایی ادغام و رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی، گزینه مناسب و اثربخش جهت یافتن محل مناسب برای دفن پسماند استفاده از GIS و فناوریهای مرتبط با آن می‌باشد (امیری، ۲۰۲۳). GIS به دلیل توانایی مدیریت حجم عظیمی از داده‌ها، در این خصوص بسیار مناسب می‌باشد (اوزترک و کاریپوقلو، ۲۰۲۳). روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در

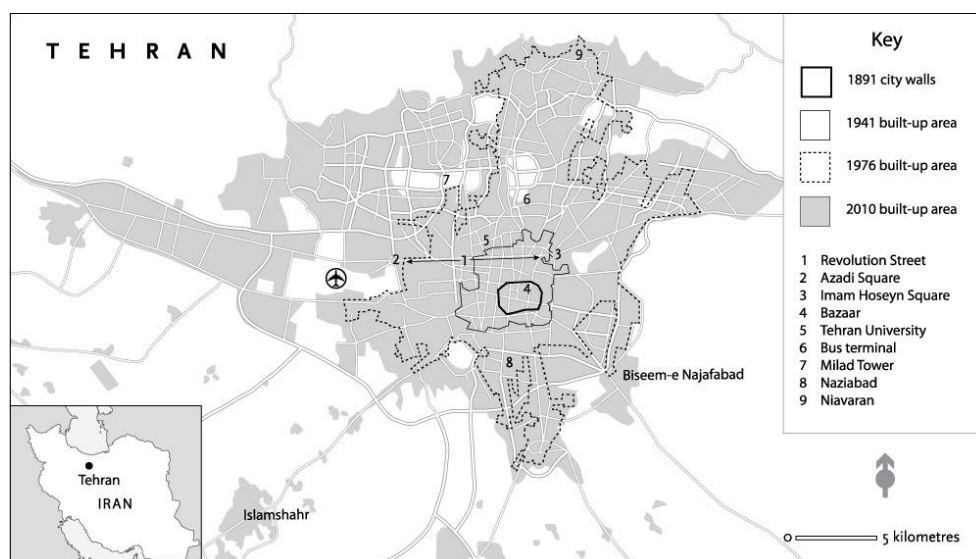
زیادی از مواد زائد شهری خصوصیات دارند که بنابر آن خصوصیات، ماندنشان در محیط زندگی، سلامت زندگی، سلامت انسان و موجودات زنده را خطر انداخته، موجب بروز مشکلاتی در محیط‌های انسانی می‌شوند. بنابراین، پژوهش حاضر در راستای مرتفع‌نمودن بخشی از این نیازها و مشکلات تهیه و تدوین گردیده است. هدف از این تحقیق یافتن مکان بهینه برای دفن بهداشتی پسماند شهری در تهران است.

منطقه مطالعاتی

در سال‌های اخیر شهر تهران، با رشد بی‌رویه جمعیت روبرو گشته است. جمعیت شهر تهران، از سال ۱۳۳۵ خورشیدی تا به امروز، بیش از ۵ برابر و مساحت آن ۷/۵ برابر شده است. طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۸،۶۹۳،۷۰۶ نفر بوده و مساحت آن ۷۳۰ کیلومترمربع است (شکل ۱). بر اساس آمار سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۴ تهران چهارمین شهر پرجمعیت جهان به‌شمار آمده و سازمان ملل پیش‌بینی نموده که در سال ۲۰۳۰ جمعیت شهر تهران به حدود ۱۰ میلیون نفر افزایش یابد (دارابی و همکاران، ۲۰۱۹). در شهر تهران روزانه حدود ۷۵۰۰ تن و سالیانه حدود ۵/۲ میلیون تن پسماند تولید می‌شود که با توجه به آنالیز انجام شده حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد مواد آلی قابل تبدیل به کمپوست (زباله تر) و ۲۰ تا ۲۵ درصد مواد خشک قابل بازیافت و ۵ تا ۱۰ درصد سایر مواد زاید وجود دارد. میزان تولید زباله به عوامل و پارامترهای بسیاری بستگی دارد که برخی از آنها عبارتند از: جمعیت، وسعت محدوده مورد بررسی عوامل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، تغییرات نزولات جوی و... (قزلباش و مقصودی، ۲۰۱۸).

واقع شیوه‌ای موثر از مدیریت شرایط است که با شفاف‌سازی محاسن و معایب گزینه‌های ممکن در شرایط عدم قطعیت کار می‌کند (چن، ۲۰۲۱). در سالیان اخیر تحقیقات گوناگونی در این خصوص در ایران صورت گرفته است. از جمله صادق طالبی (۱۴۰۲) اقدام به مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری در بم با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره نمود. نتایج نشان داد که پهنه مناسب برای دفن بهداشتی پسماند، در بخش غربی و جنوبی شهرستان بم است. باقرآبادی (۱۴۰۱) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی محل دفن پسماند شهری صحنه را مکان‌یابی نمود. چگنی و همکاران (۱۴۰۰) در لرستان اقدام به مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری نمودند. آنها از ابزار GIS و تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کردند.

با افزایش جمعیت شهری، نیاز برای یافتن محل جدید به منظور دفن پسماند ضرورت دارد. با توجه به عوامل متعدد مؤثر در مکان‌یابی محل دفن و وسعت زیاد منطقه مورد مطالعه روش‌های سنتی جهت مکان‌یابی محل دفن پسماند بسیار وقت‌گیر، هزینه‌بر و کم دقت خواهند بود (یزدی و همکاران، ۲۰۲۰). در نتیجه افزایش تولید پسماند، ظرفیت محل فعلی مورد استفاده جهت دفن پسماند تکمیل گردیده است. بدین جهت استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای یافتن بهترین و مناسب‌ترین مکان جهت دفن پسماند ضروری به نظر می‌رسد (افضلی و فقیهی زرنندی، ۲۰۱۸). عدم توجه به مسائل محیطی در بسیاری از شهرهای کشور به عنوان یک چالش اساسی قرن حاضر محیط زیست محل دفن را تهدید می‌نماید. اما آنچه جمع‌آوری و دفع زباله را به کار ضروری و اجتناب‌ناپذیر مبدل کرده رعایت بهداشت است. بخش



شکل ۱. موقعیت شهر تهران و روند تغییرات آن در بازه زمانی ۱۸۹۱ میلادی تا ۲۰۱۰

یکی از عوامل محدودکننده توسعه و مکان‌یابی برای انواع کاربری‌ها در شهر تهران، پتانسیل لرزه‌خیزی است. در مجموع ۴۱۰ کیلومتر گسل زمین‌لرزه در محدوده و خارج از محدوده شهر تهران شناسایی شده است که ۲۴۹ کیلومتر آن در داخل محدوده شهر تهران قرار دارد، در مجموع ۸۰ کیلومتر مربع وسعت گسل‌های تهران در داخل و خارج از محدوده است که ۴۷ کیلومتر گسل زمین‌لرزه در داخل محدوده تهران قرار دارد. در همین ارتباط باید گفت که شهر تهران، بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای کشور در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته است. این در حالی است که بر اساس مطالعات انجام شده توسط مشاوران ایرلنی و نیز آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) و مرکز مطالعات زمین‌لرزه و زیست محیطی تهران، در صورت وقوع زمین‌لرزه در تهران حدود ۴۸۰.۰۰۰ ساختمان به شدت آسیب دیده و حدود ۲۲۰ میلیارد دلار خسارت مستقیم به شهر وارد خواهد شد (احسانی و بهمن‌پور، ۲۰۱۸). بالا بودن پتانسیل لرزه‌خیزی در شهر تهران، و دوری و نزدیکی به گسل‌های فعال عاملی تعیین‌کننده برای مکان‌یابی محل بهینه برای دفن بهداشتی پسماند است.

داده‌ها و روش‌ها

این تحقیق از نوع کاربردی است. برای مکان‌یابی بهینه محل دفن بهداشتی پسماند شهری ابتدا قوانین فرادستی و پیشینه تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. سپس، اقدام به استخراج معیارهای موثر بر مکان‌یابی گردید. در ادامه، لایه‌های جغرافیایی شهر تهران تهیه و براساس معیارهای شناسایی شده اقدام به وزن‌دهی آنها گردید. برای وزن‌دهی لایه‌ها از تکنیک سلسله مراتبی استفاده شد و سپس، با استفاده از تکنیک رویهم‌گذاری لایه‌ها در محیط GIS نسبت به تعیین پهنه مناسب اقدام شد. مراحل اجرای تحقیق به شکل زیر بوده است:

۱. تدوین معیارهای موثر بر مکان‌یابی

در این مرحله، از طریق بررسی اسناد فرادستی، قوانین و ضوابط و همچنین مطالعات پیشین نسبت به تدوین فهرست معیارهای موثر بر مکان‌یابی محل دفن بهداشتی پسماند شهری اقدام شد. بر این مبنا، شش دسته معیار کلی شناسایی شدند. در ادامه، از طریق طیف لیکرت نسبت به هر یک از معیارهای شناسایی شده وزن داده شد تا امتیاز وزنی به دست آید. فهرست نهایی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. امتیازدهی معیارهای مکان‌یابی دفن پسماند شهری در تهران (هوشیار، ۲۰۱۶) (آکار و هماران، ۲۰۲۳) (اسلام و همکاران، ۲۰۲۲) (ISWA، ۲۰۱۹)

معیار	طبقه	امتیاز کیفی	امتیاز وزنی
دسترسی به شبکه ارتباطی	۱۰۰۰ < متر	بسیار نامناسب	۱
	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ متر	نامناسب	۲
	۲۰۰۰ - ۵۰۰۰ متر	متوسط	۳
	۵۰۰۰ - ۱۰۰۰۰ متر	مناسب	۴
	۱۰۰۰۰ - ۲۰۰۰۰ متر	بسیار مناسب	۵
فاصله از آبراهه‌ها	۱۰۰۰ < متر	بسیار نامناسب	۱
	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ متر	نامناسب	۲
	۲۰۰۰ - ۴۰۰۰ متر	متوسط	۳
	۴۰۰۰ - ۶۰۰۰ متر	مناسب	۴
	۶۰۰۰ > متر	بسیار مناسب	۵
فاصله از گسل‌ها	۱۵۰۰ - ۰ متر	بسیار نامناسب	۱
	۱۵۰۰ - ۳۰۰۰ متر	نامناسب	۲
	۳۰۰۰ - ۵۰۰۰ متر	متوسط	۳
	۵۰۰۰ - ۷۰۰۰ متر	مناسب	۴
	۷۰۰۰ > متر	بسیار مناسب	۵
شیب	۲۰ < درصد	بسیار مناسب	۱
	۲۰ - ۳۰ درصد	مناسب	۲
	۳۰ - ۳۵ درصد	متوسط	۳
	۳۵ - ۴۰ درصد	نامناسب	۴
	۴۰ > درصد	بسیار نامناسب	۵
کاربری اراضی	مناطق مسکونی	بسیار نامناسب	۱
	مناطق جنگلی	نامناسب	۲
	مناطق زراعی و کشاورزی	متوسط	۳
	مناطق صنعتی	مناسب	۴
	اراضی بایر	بسیار مناسب	۵
بارندگی	بسیار زیاد	بسیار نامناسب	۱
	زیاد	نامناسب	۲
	متوسط	متوسط	۳
	اندک	مناسب	۴
	بسیار اندک	بسیار مناسب	۵

۲. اولویت‌بندی معیارها

در این مرحله با استفاده از تکنیک سلسله مراتبی (AHP) نسبت به اولویت‌بندی معیارها اقدام شد. در این روش به واحدهای هر لایه ارزش‌های مناسب بر پایه مطالعات و نتایج کارشناسی داده و سپس درخت سلسله مراتبی برای لایه‌های اکتشافی رسم شده است

که سه سطح اصلی هدف لایه‌ها و زیرلایه‌ها را دارد (چن، ۲۰۲۱) (ماسیکا و همکاران، ۲۰۲۱). پس از این مرحله لایه‌ها و زیرلایه‌ها در یک ماتریس قرار گرفتند؛ دو به دو باهم مقایسه شدند و اهمیت (وزن) لایه‌ها و زیرلایه‌ها به دست آمد (یزدی و همکاران، ۲۰۲۰). بدین منظور از نرم‌افزار Expert Choice نسخه

(۲) از حالت کیفی به کمی تبدیل شده و با توجه به هدف تصمیم‌گیری رتبه‌بندی می‌شوند.

۲۰۰۰ استفاده شد. با استفاده از روش AHP لایه‌های اکتشافی به صورت مقایسه زوجی و با استفاده از جدول استاندارد پیشنهاد شده توسط ساعتی (۲۰۰۵) (جدول

جدول (۲). مقایسه ۹ کمیت روش سلسله مراتبی برای مقایسه دودویی (Beskese et al., 2015)

امتیاز (شدت اهمیت)	تعریف
۱	با اهمیت و ارجحیت مساوی
۳	با اهمیت و ارجحیت اندکی بیشتر
۵	با ارجحیت و اهمیت قوی
۷	با ارجحیت خیلی قوی
۹	با ارجحیت بی‌نهایت
۲،۴،۶،۸	ارزش میانی

که در آن W بردار وزنی و بالاترین مقدار ویژه ماتریس است (Ghezelbash & Maghsoudi, 2018).

ماتریس مقایسه زوجی برای n لایه مختلف به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود و در نهایت مقادیر وزنی مناسب برای لایه‌ها و زیرلایه‌ها طبق رابطه ۲ محاسبه می‌گردد

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot a_{ij} > 0; a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}; a_{ji} = 1 \forall i. \quad \text{رابطه ۱}$$

$$Aw = \lambda_{max} \cdot w \quad \text{رابطه ۲}$$

شود. سازگاری قضاوت‌ها در فرایند یاد شده با محاسبه نسبت سازگاری CR مطابق رابطه ۳ ارزیابی می‌شود.

گفتنی است که سازگاری ماتریس مقایسه‌های زوجی در روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از موضوعاتی است که باید همواره در فرآیند تصمیم‌گیری در نظر گرفته

$$CR = CI/RI \quad \text{رابطه ۳}$$

داشتند، ۱۲ نفر از صاحب‌نظران حیطه مدیریت محیط زیست، مدیریت شهری و مهندسی عمران بودند که از سابقه بیش از ۲۰ سال و عضویت در هیات علمی دانشگاه‌های معتبر تهران برخوردار بودند.

۳. رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی

پس از نهایی شدن معیارها و اولویت‌بندی آنها توسط کارشناسان، از ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و منطق بولین برای رویهم‌گذاری لایه‌های استفاده شد (ارزم و همکاران، ۲۰۲۱). بدین منظور از نرم‌افزار

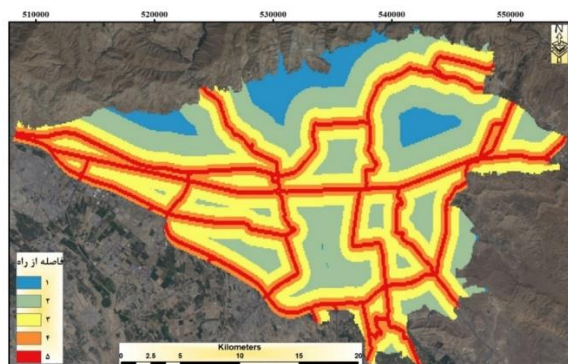
در رابطه بالا CI شاخص سازگاری و شاخص نسبت ماتریس تصادفی است. در این پژوهش برای بررسی سازگاری قضاوت‌ها، از روابط مورد استفاده در تعیین میزان سازگاری در روش سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. چنانچه نسبت سازگاری CR به دست آمده کمتر از ۰/۱ باشد؛ مقایسات زوجی و قضاوت‌های انجام گرفته مورد قبول است (ساعتی، ۲۰۰۵). کارشناسانی که در این تحقیق مشارکت

دسترسی به شبکه ارتباطی

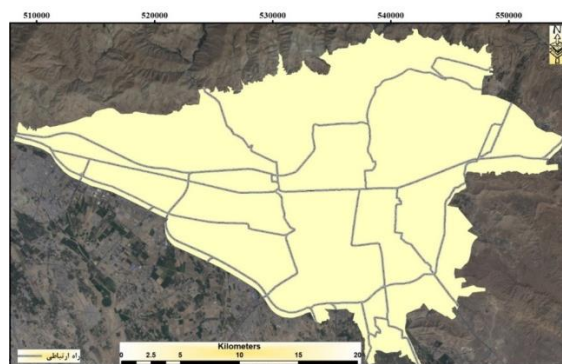
یکی از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در انتخاب محل دفن زباله دسترسی به شبکه راه‌ها است. توجه به این شاخص از نظر اقتصادی و عملکردی حائز اهمیت است. برآورد هزینه حمل و نقل و مدت زمان لازم برای دسترسی به محل دفن زباله از جمله اصلی‌ترین معیار برای وزن‌دهی به شاخص دسترسی و طبقه‌بندی آن است. به طور کلی جهت سهولت و کاهش زمان حمل و نقل و هزینه، مکان دفن پسماند باید حتی‌المقدور به جاده‌های اصلی و راه‌های موجود نزدیک باشد. مطابق شکل ۲ بنابراین هرچه فاصله به راه‌های اصلی بیشتر باشد، وزن بیشتری به آن تعلق می‌گیرد و برعکس (شکل ۲).

ArcGIS, Version 10.2 استفاده شد. سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سیستم مدیریت مبتنی بر داده‌های دیجیتالی است که به منظور مدیریت محدوده وسیعی از انواع داده‌ها طراحی شده است (اکبری و همکاران، ۲۰۲۰). در واقع، به عنوان ابزاری ایده‌آل در مطالعات مربوط به قابلیت‌سنجی سایت‌ها به شمار می‌رود، زیرا که از توانایی مطلوبی به منظور ساخت، ذخیره، ترکیب و تحلیل لایه‌های اطلاعاتی، با توجه به نیاز و تعریف ارائه شده از سوی کاربر، برخوردار است (توفیق خطاب و همکاران، ۲۰۲۰) (وو و همکاران، ۲۰۱۹).

یافته‌های تحقیق



(ب)



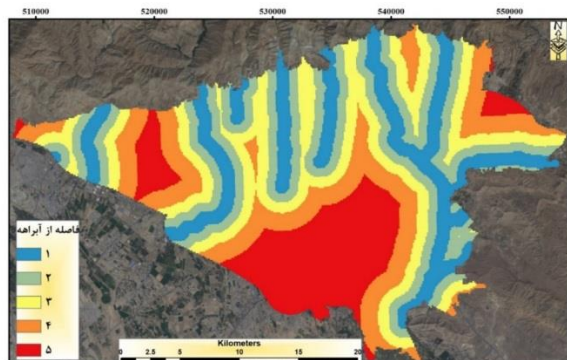
(الف)

شکل ۲. نقشه راه‌های ارتباطی (الف) و کلاس‌بندی آن در شهر تهران (ب)

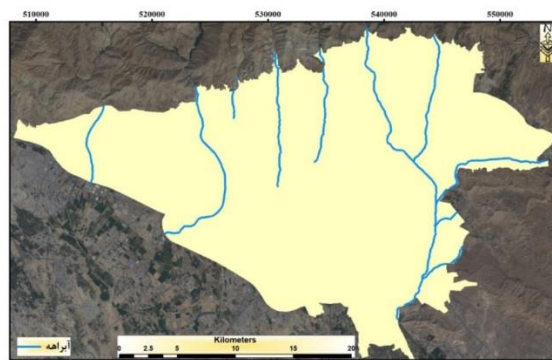
و سوی آب زیرزمینی بوده و هر قدر در سطح از آبراهه‌ها دورتر شویم به منظره کاهش سطح آب زیرزمینی بوده و محیط جهت احداث پسماند مناسب‌تر می‌باشد. مطابق شکل ۳ بیشترین میزان تراکم آبراهه‌ها در شمال تهران واقع شده‌اند که به ترتیب با فاصله گرفتن از آن‌ها وزن بیشتری به آن‌ها تعلق می‌گیرد.

فاصله از شبکه آبراهه

با توجه به آن که چشمه‌ها محل و مظهر ظهور آب‌های زیرزمینی به سطح زمین هستند و همچنین رودخانه‌ها محل‌هایی هستند که امکان انتخاب سایت دفع و دفن در آن‌ها وجود ندارد. شبکه آبراهه در اصل منظر سمت



(ب)



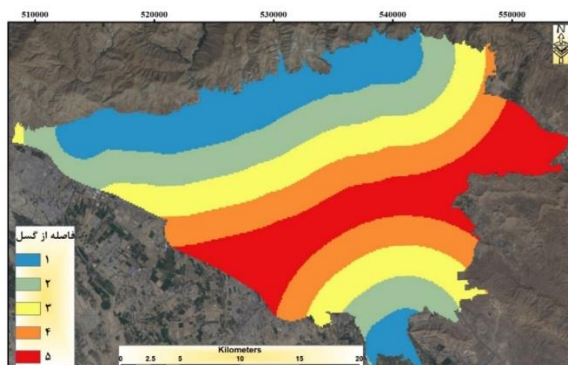
(الف)

شکل ۳. نقشه فاصله از آبراهه‌ها (الف) و کلاس‌بندی آن در شهر تهران (ب)

پسماندهای دفن شده توسط حرکات لرزه‌ای هم وجود دارد. بنابراین هرچه از گسل‌ها فاصله بیشتر شود، وزن بیشتری به آن تعلق می‌گیرد و برعکس. مطابق شکل ۴ قسمت‌های مرکزی شهر تهران بیشترین فاصله از گسل‌های منطقه دارا می‌باشند.

فاصله از گسل

مکان دفن باید خارج از محدوده گسل‌ها باشد، زیرا معمولاً در محل گسل‌ها درز و شکاف‌ها بسیار زیاد بوده و همین مسأله باعث افزایش نفوذپذیری در منطقه می‌شود. همچنین در گسل‌های فعال خطر تخریب



(ب)



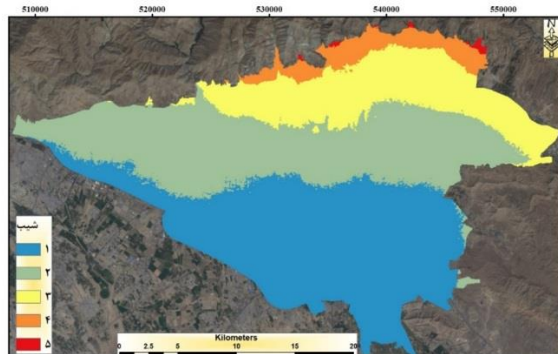
(الف)

شکل ۴. نقشه گسل‌های شهر تهران (الف) و کلاس‌بندی آن (ب)

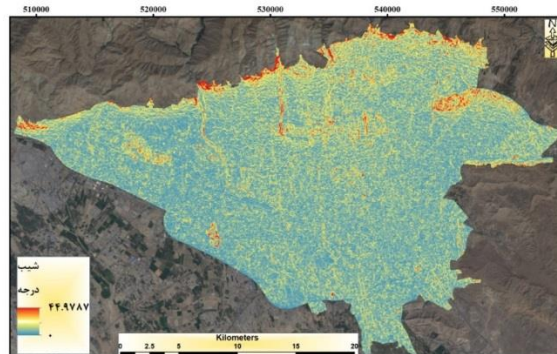
رود، زیرا در شیب‌های تند دفن زباله چه از نظر جاری شدن شیرابه زباله به هنگام بارش و چه از نظر اقتصادی (احداث راه‌ها و زیرساخت‌ها) با مشکل مواجه می‌شود. بنابراین هرچه مقدار شیب کم‌تر باشد، وزن بیشتری به آن جهت پتانسیل‌یابی مراکز دفن پسماند بشمار می‌روند. بنابراین مطابق شکل ۵ نواحی جنوبی شهر تهران کم‌ترین میزان شیب را دارا می‌باشند.

شیب

مشخص شد که نواحی پرشیب و کوهستانی برای انتخاب محل‌های دفن پسماند نامناسب هستند؛ بنابراین با حذف این نواحی در محیط GIS چنین پهنه‌هایی از قلمرو مطالعات مکان‌یابی حذف می‌شوند. جهت دفن زباله شیب یک پارامتر فیزیکی بشمار می‌



(ب)



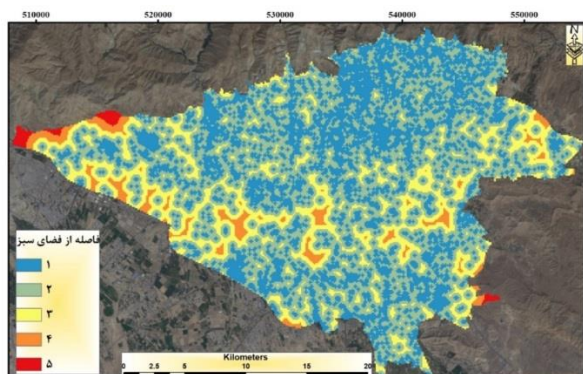
(الف)

شکل ۵. نقشه شیب (الف) و کلاس‌بندی آن در شهر تهران (ب)

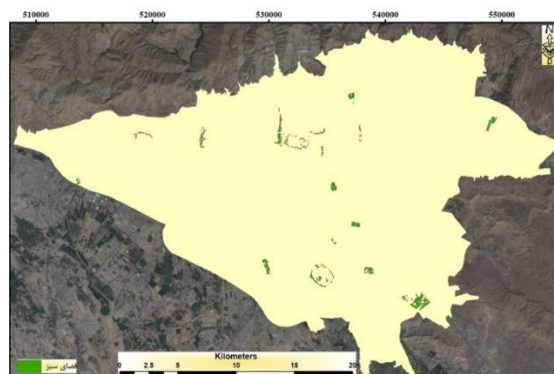
شده است. واضح است هرچه از فضاهای سبز فاصله گرفته شود، مناطق برای دفن پسماند مناسب‌تر بوده و همین دلیل وزن بیشتری به آن تعلق می‌گیرد و برعکس. مطابق شکل ۶ نواحی شمال‌غربی تهران بیشترین فاصله را از فضاهای سبز شهری دارا می‌باشند.

کاربری اراضی

کاربری اراضی یکی دیگر از عواملی است که باید در انتخاب محل دفن به آن‌ها توجه کرد، با توجه به کاربری اراضی پوشش گیاهی در این مطالعه فاصله از پوشش گیاهی به عنوان معیار کاربری اراضی در نظر گرفته



(ب)



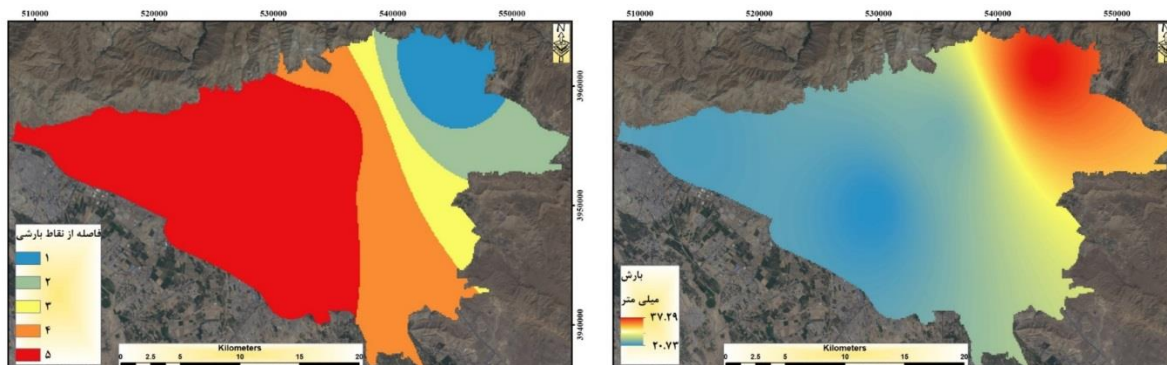
(الف)

شکل ۶. نقشه کاربری اراضی (الف) و کلاس‌بندی آن در شهر تهران (ب)

پسماند دارای ارزش بیشتر نسبت به نواحی پرباران هستند، بنابراین به نواحی با بارش کم‌تر وزن بیشتری برای احداث مراکز دفن پسماند تعلق می‌گیرد. مطابق شکل ۷ در قسمت‌های غربی شهر تهران کم‌ترین میزان بارش ثبت شده است.

بارندگی

بطور کلی آگاهی از شدت و مدت زمان بارش و محاسبه تخمینی آن در جلوگیری از تماس آب‌های سطحی با مواد دفن شده و همچنین تخمین میزان شیرابه تولیدی کمک شایانی می‌نماید. از آنجایی که نواحی دارای بارندگی کم‌تر جهت احداث مکان‌های دفن



شکل ۷. نقشه میزان بارش (الف) و کلاس‌بندی آن در شهر تهران (ب)

استانداردسازی

در این بخش تمامی المان‌های ماتریس تصمیم مرحله قبل، به صورت بی‌مقیاس و قابل مقایسه با هم تبدیل می‌شوند. در فرآیند بی‌مقیاس‌سازی، شاخص‌های مختلف که مقیاس‌های متفاوتی دارند، بدون بعد گشته

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{r * j} \quad \text{رابطه ۴}$$

و چنانچه شاخص‌ها جنبه منفی داشته باشند، داریم:

$$n_{ij} = 1 - \frac{r_{ij}}{r * j} \quad \text{رابطه ۵}$$

در واقع این مرحله کمک می‌کند تا یک رتبه‌بندی اولیه روی گزینه‌های تصمیم‌گیری مسأله مورد مطالعه صورت پذیرد.

تعیین ارزش هر گزینه به ازای هر معیار

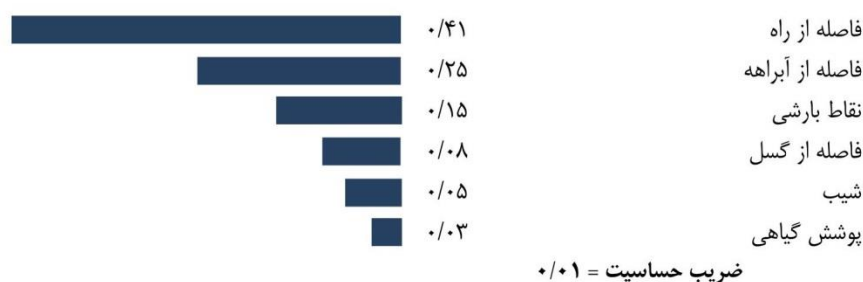
پس از تعیین معیارهای مختلف، که شامل لایه‌های فاصله از راه‌های ارتباطی، فاصله از آبراهه‌ها، نقاط بارشی، فاصله از گسل، شیب و پوشش گیاهی، در ابتدا یک ماتریس مقایسه زوجی برای لایه‌های نام برده شده تشکیل شد. در این ماتریس، ۶ معیار بر اساس نظرات متخصصین و با استفاده از جدول شاخص وزن‌دهی به صورت مقایسه زوجی وزن‌دهی شدند و در نهایت با استفاده از روش AHP، مقدار اوزان مناسب برای هریک از معیارها محاسبه گردید (جدول ۳). طبق این روش، بیشترین وزن با مقدار ۰/۴۱ به لایه فاصله از راه‌های ارتباطی و کم‌ترین وزن به لایه فاصله از پوشش گیاهی

و قابل مقایسه خواهند شد. روش اصلی بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم در این پژوهش، روش بی-مقیاس‌سازی خطی می‌باشد. مطابق این روش به ازای جنبه مثبت برای شاخص‌ها، هر ارزش r_{ij} را به ماکزیمم موجود از ستون j ام ($r * j$) تقسیم می‌کنیم. یعنی:

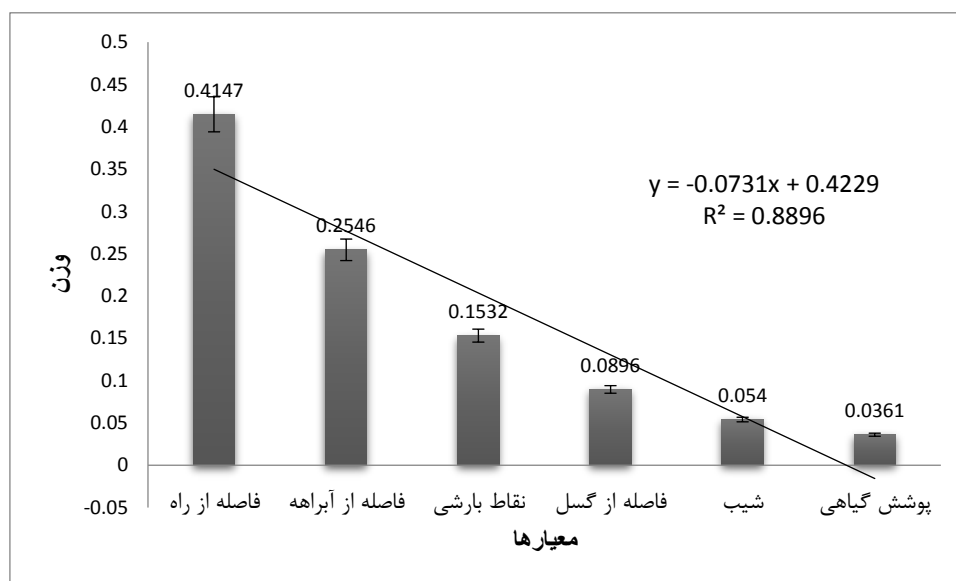
با مقدار ۰/۳۶ اختصاص یافت. شکل ۸ مقایسه زوجی معیارها را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۹ وزن‌های هر یک از معیارها بدست آمد. در این روش لایه‌های اطلاعاتی مختلف با یکدیگر تلفیق شده و نقشه نهایی مناطق مناسب جهت احداث مراکز دفع پسماند مطابق شکل ۱۰ تولید شد. به منظور بالا بردن کیفیت، داده‌ها به اکسل منتقل شده و نمودار در آن محیط ترسیم گردیده است. ضریب ناسازگاری بدست آمده برای ماتریس لایه‌های معیار $CR = ۰/۳۷$ بدست آمد. ضریب ناسازگاری بدست آمده برای شناسایی پتانسیل احداث مراکز دفن پسماند نشان می‌دهد که لایه‌های انتخاب شده و کلاس‌بندی شده بر اساس نظر متخصصان مربوطه، توانسته به خوبی و با ضریب ناسازگاری بسیار پایین مدل‌سازی نهایی را انجام دهد و نقشه نهایی از دقت بالایی برخوردار است که همخوانی قابل قبولی با واقعیت‌های زمین مرجع دارند.

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی لایه های اکتشافی و اوزان محاسبه شده توسط روش AHP

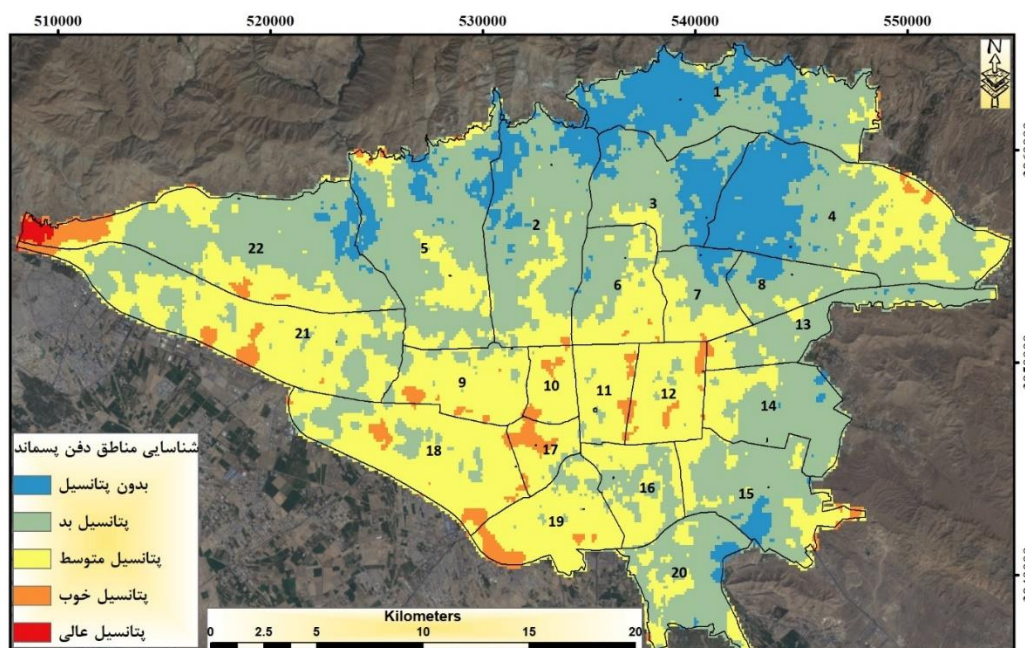
کاربری اراضی	شیب	فاصله از غسل	نقاط بارشی	فاصله از آبراهه	فاصله از راه
۹	۷	۵	۳	۲	۱
فاصله از راه	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۲	۰/۱۴۳	۰/۱۱۱
فاصله از آبراهه	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۲	۰/۱۴۳	۰/۱۱۱
نقاط بارشی	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳
فاصله از غسل	۰/۲	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳
شیب	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳
کاربری اراضی	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳



شکل ۸. مقایسه زوجی معیارهای مورد بررسی



شکل ۹. وزن های بدست آمده از روش AHP برای معیارها



شکل ۱۰. نقشه مکان‌های مناسب جهت احداث مراکز دفن پسماند در شهر تهران

برای دفن بهداشتی پسماند هستند که براساس رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده است. عواملی چون آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی، عوامل زمین‌شناسی و ... امری اجتناب‌ناپذیر است.

شناسایی محل مناسب برای دفع پسماندها، نیاز به یکسری فرآیند گسترده‌ای دارد و بایستی از یک طرف مطابق با الزامات قانونی و مقررات دولتی باشد و از طرفی هزینه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و بهداشتی را به حداقل برساند (فروناتو و تروتا، ۲۰۱۹). بر همین اساس پژوهش حاضر با هدف مکان‌یابی مراکز دفن پسماند در شهر تهران صورت پذیرفت.

هدف این پژوهش پتانسیل‌یابی مراکز دفن پسماند (زباله) با بهره‌گیری روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در شهر تهران با توجه به ابعاد مکانی مسأله، ماهیت نیمه-ساختاریافته و مشارکتی آن، نیاز به توسعه روشی یکپارچه برای استفاده از معیارهای مکانی به همراه مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌باشد. به منظور حل مسأله مورد نظر این تحقیق استفاده شده است. چرا که تصمیم‌گیری در این زمینه نیازمند در نظر گرفتن سناریوهای

همانطور که در نقشه مشخص شده است، مناطقی که با عنوان بدون پتانسیل درج شده‌اند، فاقد امتیاز لازم

نتیجه‌گیری

روش نامناسب جمع‌آوری و دفع پسماند، آلودگیهای زیست محیطی، آب و خاک را سبب شده و مخاطرات بهداشتی را به دنبال دارد. لازمه موفقیت در این انتخاب روش مناسب برای دفن و یا دفع پسماند، در نظر گرفتن معیارهای ویژه‌ای است که می‌باید در تصمیم‌گیری‌ها دخالت داده شوند (قربان‌زاده و همکاران، ۲۰۱۹). وجود معیارهای متعدد با درجه اهمیت مختلف و تأثیرگذار، کار تصمیم‌گیری را مشکل می‌کند. محل انتخاب شده برای جمع‌آوری و دفن پسماندها می‌تواند اثرات منفی و زیان‌بار بالقوه‌ای بر محیط زیست، سلامتی جامعه و اقتصاد آن محل داشته باشد (واناپالی و همکاران، ۲۰۲۱). مکان‌یابی و مدیریت صحیح محل دفن زباله به عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار محسوب می‌شود. به طوری که یافتن محل مناسب از ضروریات طرح‌های توسعه شهری می‌باشد. برای انجام دفع و دفن بهداشتی به منظور کاهش خطرات بالقوه زیست-محیطی لندفیل، مکان‌یابی علمی با در نظر گرفتن

- تدوین برنامه‌ها و طرح‌هایی برای هدایت و کنترل رشد و توسعه در محدود منطقه شهری می‌تواند به جلوگیری و کاهش میزان آسیب‌ها و خسارت‌های غیرقابل جبران به منابع حیاتی زیستی، اراضی مرغوب کشاورزی، مناطق ییلاقی، گذراندن اوقات فراغت و ... کمک کند و همچنین شرایط مناسب برای کارکرد شهر تهران را فراهم کند.
- همراه با افزایش تولید زباله‌های خانگی، بیمارستانی و ... توجه به برنامه‌های بازیافت زباله، کمپوست و صنایع وابسته به آن لازم و ضروری است و لزوم تعیین ضوابط برای دفن بهداشتی زباله‌های بیمارستانی احساس می‌شود.
- نواحی مکان‌یابی شده در این پژوهش، نیازهای این شهر را در چند سال آینده پاسخ داده و با توجه به قرارگیری آن در شعاع چند کیلومتری دور از شهر، امکان ایجاد تأسیسات و تجهیزات بازیافت زباله نیز وجود دارد.
- بهره‌گیری از روش‌هایی نظیر جنگل تصادفی و شبکه عصبی مصنوعی جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و بالا رفتن دقت مکان‌یابی.

تصمیم‌گیران مختلف و انجام تحلیل‌های متعدد می‌باشد. لذا با استفاده از این روش، تصمیم‌گیران می‌توانند سناریوهای مختلف مورد نظر خود را تعریف و نتایج حاصل از آنها را مشاهده و بررسی نمایند.

به منظور مکان‌یابی مراکز دفن پسماند پس از بررسی مطالعات پیشین و مشورت‌های انجام شده با کارشناسان امر ۶ معیار تأثیرگذار بر مسأله انتخاب گردید. پس از تعیین معیارهای مختلف، که شامل لایه‌های فاصله از راه‌های ارتباطی، فاصله از آبراهه، نقاط بارشی، فاصله از گسل، شیب و پوشش گیاهی است. تلفیق نقشه‌های معیار توسط نظر کارشناسان مربوطه و روش AHP صورت پذیرفت. مطابق این روش به ترتیب معیارهای فاصله از راه < فاصله از آبراهه < بارش < فاصله از گسل < شیب < پوشش گیاهی < مهمترین معیارهای در شناسایی مراکز دفن پسماند شناخته و رتبه‌بندی شدند. مطابق با نقشه نهایی بدست آمده قسمت‌های شمال‌غربی (منطقه ۲۲) شهر تهران بیشترین پتانسیل را جهت احداث مراکز دفن پسماند در شهر تهران از خود نشان دادند و می‌توان برای مطالعات مقدماتی در این مناطق بازدیدهای صحرایی را جهت احداث این مراکز انجام داد. جهت ارتقای پژوهش حاضر پیشنهادات زیر ارائه شده‌اند:

منابع

- system in a smart city under stochastic optimization using vehicle routing problem. *Soft Computing*, 25, 6707-6727.
- Amiri, F. (2023). Solid waste disposal site selection using geospatial information technologies and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP): a case study in Bandar Bushehr, Iran. *GeoJournal*, 88(3), 3347-3368.
- Andeobu, L., Wibowo, S., Grandhi, S. (2022). Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 834, 155389.
- Aslam, B., Maqsoom, A., Tahir, M. D., Ullah, F., Rehman, M. S. U., & Albattah, M. (2022). Identifying and ranking landfill sites for municipal solid waste management: An integrated remote sensing and GIS approach. *Buildings*, 12(5), 605.
- Asori, M., Dogbey, E., Morgan, A.K., Ampofo, S.T., Mpobi, R.K.J., and Katey, D. (2022). Application of GIS-based multi criteria decision-making analysis (GIS-MCDA) in selecting locations most suitable for siting engineered landfills—the case of Ashanti Region, Ghana. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(3), 800-826.
- Arzam, F., Mirhosseini, S.Q., Dehghani, M., Bakhordari Ahmadi, M. (2021). Providing a multi-objective optimization model for health, safety, and environmental risks of waste disposal sites in coastal cities
- Afzali, A. & Faqih Zarandi, A. (2018). Feasibility of setting up a joint burial site for solid waste in Khomeini Shahr city and its neighboring cities using fuzzy logic and AHP. *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol, 21, No, 77-87. (in Persian)
- Aguilar, J.A.A., Aguilar, H.A.N., Hernandez, R.F.G., Valencia, M.N.R. (2018) Emplacement of solid waste management infrastructure for the Frailesca Region, Chiapas, México, using GIS tools. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21-(3), 391-399.
- Akar, A. U., Yalpir, S., Sisman, S., Goktepel, G., & Yel, E. (2023). A deterministic approach in waste management: delineation of potential territories in Turkey for industrial symbiosis of olive pomace, marble wastes and plastics by integrating Fuzzy AHP to GIS. *Environment, Development and Sustainability*, 25(6), 5635-5662.
- Akbari, D., Omrani, N., Akbari, M. (2020). "Locating tourist accommodation centers using ANP-VIKOR model (Case study of Rodsar County)", *Journal of Geographic Information System Application and Remote Sensing in Planning*, Volume 11, Number 2, Summer 99. 26-37 pp.
- Akbarpour, N., Salehi-Amiri, A., Hajiaghahi-Keshteli, M., & Oliva, D. (2021). An innovative waste management

- ISWA (2019). Landfill Operational Guidelines, 3rd edition. A report from ISWA'S working group on landfill, 2019. 56 p.
- Maceika, A., Bugajev, A., Šostak, O. R., & Vilutienė, T. (2021). Decision tree and AHP methods application for projects assessment: a case study. *Sustainability*, 13(10), 5502.
- Ozturk, S., Karipoglu, F. (2023). Investigation of the best possible methods for wind turbine blade waste management by using GIS and FAHP: Turkey case. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 15020-15033.
- Roy, H., Alam, S.R., Bin-Masud, R., Prantika, T.R., Pervez, M.N., Islam, M.S., Naddeo, V. (2022). A Review on Characteristics, Techniques, and Waste-to-Energy Aspects of Municipal Solid Waste Management: Bangladesh Perspective. *Sustainability*, 14(16), 10265.
- Saaty, T. L. (2005). Making and validating complex decisions with the AHP/ANP. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 14, 1-36.
- Taqwai, M., Metoli, S., & Ghobadi Jhanbaz, Gh.R. (2021). Evaluation and analysis of urban planning roughness metrics using Analytical Hierarchy Process (AHP) Study area: Shahr Noor. *Scientific-research quarterly of geography and regional planning*, 12th year, No. 1, 553-570. (in Persian)
- Towfigh Khatab, A., Fahiminejad, A., Bahmanpour, H. (2020). Locating and zoning suitable sites for the development of sports tourism in Shahrood city with a sustainable development approach, *Journal of GIS & RS Application in Planning*, 3(11), 52-66 pp.
- Rahaman, Z.A., Kafy, A.A., Saha, M., Rahim, A.A., Almulhim, A.I., Rahaman, S.N., Al Rakib, A. (2022). Assessing the impacts of vegetation cover loss on surface temperature, urban heat island and carbon emission in Penang city, Malaysia. *Building and Environment*, 222, 109335.
- Vanapalli, K. R., Sharma, H. B., Ranjan, V. P., Samal, B., Bhattacharya, J., Dubey, B. K., & Goel, S. (2021). Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment*, 750, 141514.
- Wu, S., Chen, J., Zhou, W., Iqbal, J., Yao, L. (2019). A modified logit model for assessment and validation of debris-flow susceptibility. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 78: 4421-4438.
- Yazdi, M., Korhan, O., & Daneshvar, S. (2020). Application of fuzzy fault tree analysis based on modified fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS for fire and explosion in the process industry. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 26(2), 319-335.
- Zhou, Z., Li, M. (2017). Spatial-temporal change in urban agricultural land use efficiency from the perspective of agricultural multi-functionality: A case study of the Xi'an metropolitan zone. *Journal of Geographical Sciences*, 27, 1499-1520.
- (case study: Bandar Abbas coastal city). *Tolo Health Yazd*, year 20, No, 3, 88-102. (in Persian)
- Beskese, A., Demir, H.H., Ozcan, H.K., Okten, H.E. (2015). Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 73(7), 3513-3521.
- Chen, T. (2021). A diversified AHP-tree approach for multiple-criteria supplier selection. *Computational Management Science*, 18(4), 431-453.
- Darabi, H., Choubin, B., Rahmati, O., Torabi Haghighi, A., Biswajeet, P. (2019). Urban Flood Risk Mapping Using the GARP and QUEST Models: A Comparative Study of Machine Learning Techniques. *Journal of Hydrology*, 2019, 569:142-54.
- Deus, R.M., Esguicero, F.J., Battistelle, R.A.G., & Jugend, D. (2022). Drivers and barriers to successful solid waste management: assessing through an aggregated indicator. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(4), 1476-1484.
- De Vicente, S.M.G., Smith, N.A., El-Guebaly, L., Ciattaglia, S., Di Pace, L., Gilbert, M., Torcy, D. (2022). Overview on the management of radioactive waste from fusion facilities: ITER, demonstration machines and power plants. *Nuclear Fusion*, 62(8), 085001.
- Ehsani, M., Bahmanpour, H. (2018). Underground transportation system risk assessment to mitigate vulnerability against natural disasters through intelligent urban management, 2018, *International Journal of Human Capital in Urban Management (IJHCUM)*, 3(3): 179-192, Summer 2018
- Faizi, M., Behbahani-Nia, A., Asami Zawareh, S.R., & Rostami, N. (2021). Determining a suitable place for sanitary burial of wastes from Ilam city. *Scientific journal of Ilam University of Medical Sciences*, 29th edition, 3rd issue, 48-38. (in Persian).
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International journal of environmental research and public health*, 16(6), 1060.
- Ghezelbash, R., & Maghsoudi, A. (2018). A hybrid AHP-VIKOR approach for prospectivity modeling of porphyry Cu deposits in the Varzaghan District, NW Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 1-15.
- Ghorbanzadeh, O., Pourmoradian, S., Blaschke, T., & Feizizadeh, B. (2019). Mapping potential nature-based tourism areas by applying GIS-decision making systems in East Azerbaijan Province, Iran. *Journal of Ecotourism*, 18(3), 261-283.
- Hemidat, S., Achouri, O., El Fels, L., Elagroudy, S., Hafidi, M., Chaouki, B., Guo, J. (2022). Solid waste management in the context of a circular economy in the MENA region. *Sustainability*, 14(1), 480.
- Hoshidar, S. (2016). Optimum placement of municipal solid waste disposal using hierarchical analysis process (Case study: Bukan city). *Geographical Space Scientific-Research Quarterly*, Vol. 17, No. 57, 255-272. (in Persian)

Locating suitable areas for sanitary landfill of municipal waste in Tehran using Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP) technique

Abstract

One of the fundamental environmental issues in urban societies is the selection of appropriate sites for sanitary landfills, as poor siting can result in groundwater contamination, soil degradation, ecological imbalance, and public health problems. Hence, the process requires scientific and systematic approaches that integrate environmental, infrastructural, and social considerations. The present research was designed with the primary objective of zoning suitable areas for sanitary landfill of municipal solid waste in Tehran, a metropolis characterized by rapid population growth, expanding urbanization, and increasing waste generation. To achieve this aim, a combination of the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information System (GIS) was employed as an integrated methodological framework. In the first stage, effective criteria influencing landfill site selection were identified through a review of standards, expert consultations, and contextual factors. Six principal groups of criteria were finally determined: distance from communication roads, distance from waterways, rainfall concentration points, distance from geological fault lines, slope, and existing land use. Each criterion was then weighted and prioritized using the AHP technique, which relies on expert-based pairwise comparisons. The weighting process revealed that accessibility-related factors were the most influential, as distance from roads received the highest relative weight of 0.41, while distance from green space centers was assigned the lowest weight of 0.036, reflecting its minor role in comparison to other environmental and infrastructural dimensions. Following this stage, spatial data layers corresponding to all identified criteria were prepared, standardized, and overlaid in the GIS environment. Through weighted linear combination and spatial analysis, a comprehensive suitability map was generated, classifying the metropolitan area into zones ranging from highly suitable to unsuitable for landfill development. The modeling results indicated that the northwestern part of Tehran demonstrates the greatest potential for landfill construction, with District 22 emerging as the most appropriate location due to its advantageous topographic characteristics, lower population density, and favorable accessibility conditions. Overall, the findings underscore the necessity of multi-criteria decision-making frameworks in waste management planning and highlight the effectiveness of integrating AHP with GIS tools for ensuring sustainable, environmentally sound, and socially responsible landfill site selection in large metropolitan regions.

Keywords: Urban waste, location, sanitary landfill, geographic information system, Tehran

