

تعیین محل دفن پسماندهای شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری

چندمعیاره در شهر کرمان

فائزه جوهری^۱، شهرام آریافر^۲

۱- دانش اموخته، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، joharifaeze6646@gmail.com

۲- نویسنده مسئول: استادیار بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران،
aria@uk.ac.ir

چکیده:

افزایش تولید زباله و مواد زائد جامد یکی از مشخصه‌های اصلی شهرنشینی کنونی است که از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر محیط زیست به شمار می‌رود. مدیریت صحیح مواد زائد جامد شهری و انتخاب مکان مناسب جهت دفن بهداشتی این مواد می‌تواند زمینه ارتقای سلامت افراد جامعه را فراهم کند و باعث عدم بروز مسائل و مشکلات زیست محیطی گردد. در این مطالعه، مکان‌یابی دفن پسماندهای جامد شهری کرمان با در نظر گرفتن معیارهایی چون نوع خاک، کاربری اراضی، فاصله از چاه‌های آب و فاصله از مناطق مسکونی بررسی شده است. به منظور اولویت‌بندی گزینه‌های بالقوه از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل روش تحلیل سلسله‌مراتبی، تاپسیس و ویکور استفاده شده است. بر اساس نتایج این تحقیق و با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده، جهت دفن زباله‌های جامد شهر کرمان، جاده کرمان-زرنند در اولویت اول و مسیرهای کرمان-کوهپایه، کرمان-جوپار و کرمان-ماهان به ترتیب در اولویت‌های بعدی برای دفن زباله و پسماند قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: مدیریت بحران، تاپسیس، ویکور، تحلیل سلسله‌مراتبی

* Corresponding author: ariafar@gmail.com +09133990673

Determining the Location of Solid Waste Landfill Site using Multi-Criteria Decision-Making Methods in Kerman City

Abstract

The growth of solid waste production is one of the main issues of today's urbanization, and one of the key factors influencing the environment. A proper management of solid waste and selection of a suitable place for the sanitary burial of these materials can provide a basis for improving health and preventing environmental concerns. In this study, location of urban solid waste burial for Kerman city has been investigated by considering soil type, land use, distance from water wells and distance from residential areas as influencing criteria. In order to prioritize potential alternatives, multiple criteria decision-making methods including Analytical hierarchy process, Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) and VIKOR have been applied. Based on the results of this research, and according to the considered criteria, Kerman-Zarand road got the first priority, and Kerman-Kuhpayeh, Kerman-Jupar, and Kerman-Mahan roads were placed in the next priorities, respectively.

Keywords: Urban Solid Waste, TOPSIS, VIKOR, AHP

مقدمه

در طول تاریخ، رابطه انسان با محیط زیست همواره به صورت تابعی از رفتار انسان و خصوصیات طبیعی محیط پیرامون او بوده است؛ این رفتار طی قرون متمادی اشکال متفاوتی به خود گرفته و روز به روز بر گستردگی و پیچیدگی آن افزوده شده است. امروزه روند صعودی تولید انواع پسماندها را می توان از بارزترین معضلات بهداشتی و زیست محیطی جوامع انسانی عنوان کرد به طوری که دفن انواع زباله، به عنوان یکی از مشکلات عمده و بغرنج جوامع انسانی تبدیل شده است؛ از اینروست که چگونگی دفن و معدوم سازی انواع پسماندها، امروزه یکی از دغدغه های مهم زیست محیطی در مناطق شهری است.

مکان یابی جایگاه های مناسب دفن پسماند از اقدامات مهم در فرآیند مدیریت جامع پسماندهای جامد شهری است، افزایش جمعیت و توسعه مناطق شهری، افزایش مصرف مواد دارای پسماند تجزیه ناپذیر، گسترش بی رویه شهرها و در نتیجه افزایش بی رویه جمعیت شهری به ویژه در سال های اخیر موجب افزایش بیش از پیش مصرف و در نتیجه افزایش تولید انواع پسماند در مناطق شهری گردیده است. فرآیند مدیریت مواد زائد جامد شهری از ملزومات هر شهر می باشد که بی توجهی به آن می تواند برای هر شهری و حتی ساکنان روستاهای اطراف شهر مشکل آفرین باشد.

امروزه مدیریت پسماند، یکی از ضروری ترین محورهای توسعه پایدار محسوب می گردد. تولید پسماند در زندگی

انسان‌ها امری اجتناب ناپذیر بوده و بی شک عدم توجه کافی به این موضوع می‌تواند تأثیر زیادی در تخریب محیط زیست و طبیعت داشته باشد. مدیریت پسماندهای شهری به عواملی همچون تولید زوائد، جمع‌آوری، حمل و نقل، دفن زباله و بازیافت آن بستگی دارد، بنابراین محدوده مدیریت این مقوله بسیار وسیع و متغیر است، برای چنین موضوعی راهی جز مدیریت و ارائه برنامه‌های راهبردی مدیریت پسماند وجود ندارد.

با در نظر گرفتن اهمیت موضوع، این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی در راستای تدوین برنامه راهبردی مدیریت پسماند در سطح شهرداری کرمان می‌پردازد. در کشور ایران تنها هشت درصد از زباله‌های شهری بازیافت، تبدیل به کمپوست و مجدداً استفاده می‌شوند و نود و دو درصد آن دفن می‌شود. اکثر استان‌های کشور از نظر دفن بهداشتی پسماند محدودیت‌های بسیاری دارند و در این مناطق امکان دفن درجه یک وجود ندارد. مشکلات فرهنگی و اجرایی، دو مشکل اصلی مدیریت پسماند شهری در کشور است. به طور کلی مدیریت جامع پسماند می‌بایست به کلیه جوانب حائز اهمیت در مدیریت پسماند شامل تولید، ذخیره‌سازی، جمع‌آوری، انتقال، بازیافت و دفع توجه کامل داشته باشد. دفن بهداشتی پسماندها روشی است که زباله را به صورت لایه‌هایی در سطح زمین یا داخل گودال پخش نموده، روی آن را با خاک یا سایر مواد می‌پوشانند.

از اوایل دهه هزار و سیصد و شصت با فعالیت‌هایی که شهرداری‌ها در شهرهای بزرگ برای گسترش و توسعه خدمات شهری آغاز کردند، نشانه‌هایی از تحول در سیستم مدیریت پسماند در ایران مشاهده شد؛ پس از آن و تا به امروز گرچه تلاش‌های فراوانی برای ارتقای

شیوه‌های مدیریتی و تشکیلاتی و سازماندهی انجام گرفته است و پیشرفت‌های مشهودی در همه زمینه‌ها مشاهده می‌شود، اما هنوز با سیستم‌های مدیریت پسماند در کشورهای صنعتی دنیا فاصله قابل توجهی وجود دارد. در ایران از سال هزار و دویست و نود و دو شمسی از زمان تصویب قانون بلدیه نظافت شهری برعهده شهرداری بوده است ولی علی‌رغم سابقه طولانی تا دهه‌های اخیر در زمینه مدیریت پسماندهای شهری فعالیت‌های اساسی و اصولی انجام نشده است و از روش سنتی مدیریت که وظیفه آن دور کردن پسماندهای خانگی و تجاری از محله‌ها و مناطق شهری بود، استفاده شده است.

در ایران تا سال هزار و سیصد و هشتاد و سه و تصویب قانون مدیریت پسماندها قانون جامع و مدونی برای مدیریت پسماند وجود نداشته است؛ از این رو در دوره‌های زمانی مختلف مطالعات و اقداماتی در این زمینه در چند سال اخیر صورت گرفته است. محمدعلی عبدلی [1] در کتاب خود به عنوان سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری و روش‌های کنترل آن مجموعه کامل مباحث تولید زباله جابجایی در محل تولید، آماده‌سازی محل دفن و غیره را بررسی و ارزیابی کرد و وی به این جمع‌بندی رسید که در مدیریت مواد زائد پرداختن به روش‌های جمع‌آوری و بازیافت می‌تواند بهترین روش‌های کنترل زباله در یک شهر باشد.

خراسانی و نژادکورکی [2] با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای انتخاب محل مناسب دفن زباله در مناطق خشک، با مطالعه موردی زباله‌های شهر کرمان انواع پارامترهایی چون شیب، ایستایی زیرزمینی، فاصله محل دفن تا شهر و غیره را بکار بردند و محل مناسب را در هفت کیلومتری شهر کرمان مکان‌گزینی کردند.

بیان مسئله

مدیریت پسماند، شامل مجموعه فعالیت‌ها و اقدامات لازم برای مدیریت زباله از زمان شروع به تولید تا دفع نهایی آن است. این موضوع شامل جمع‌آوری، حمل و نقل، تصفیه و دفع پسماندها، همراه با نظارت و قانونمند کردن فرآیند مدیریت پسماند می‌باشد. تنها روش اصولی مکان‌یابی در مدیریت پسماند جهت دفع پسماندهای عادی و خطرناک، دفن بهداشتی این پسماندها می‌باشد. در دفن بهداشتی، شرایط زمین‌شناسی، هیدرولوژی و زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته و تحت کنترل قرار می‌گیرد. آلودگی‌های ایجاد شده در محل تلنبار پسماند از جمله دود، بو، زشتی منظره، تکثیر جوندگان، ناقلین و پرندگان و آلودگی‌های آب‌های سطحی و زیر زمینی در صورت دفن اصولی و بهداشتی زباله وجود نخواهد داشت. فراهم ساختن شرایط دفن بهداشتی پسماند نیازمند طراحی و نظارت مهندسی بر فرایند دفع زباله است. یک مکان مناسب و بهداشتی دفن زباله، باید دارای سیستم جمع‌آوری و تصفیه شیرابه، سیستم تخلیه گازهای تولید شده (متان)، چاه‌های پایش گاز و شیرابه‌های تولیدی و بررسی دوره‌ای کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد. محل دفن بهداشتی پسماندها باید بالاتر از سطح سیلاب‌های منطقه، در زمین‌های کوهستانی، مسطح و یا زمین‌های پست جهت اقتصادی نمودن کار با شرط کنترل دوری محل دفن زباله از آب‌های سطحی و بررسی دوره‌ای آب‌های زیرزمینی است. فضای مورد نیاز دفن پسماند عموماً باید برای دفن زباله برای حداقل مدت 25 سال محاسبه گردد.

فرهودی و همکارانش [3] پژوهشی تحت عنوان مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری در سال 1384 با استفاده از منطق فازی انجام دادند؛ در این پژوهش، با استفاده از داده‌هایی چون محدوده قانونی GIS شهر، فاصله از جاده و فرودگاه و غیره با تلفیق اطلاعات و نقشه‌ها بر اساس مدل منطق فازی، سه حوزه مختلف را مکان‌گزینی نمودند.

هادیانی و همکاران [4] در پژوهشی تحلیلی و با استفاده از منطق فازی و تکنیک GIS، مکان‌های بهینه برای دفن پسماندهای جامد شهری در شهر زنجان را ارزیابی کرده و به این نتیجه رسیدند که 35 کیلومتری شمال غربی زنجان، در مسیر جاده خلخال، بهترین مکان برای دفن بهداشتی پسماندهای جامد شهری است.

عرب عامری و رامش [5] پژوهشی تحت عنوان مکان‌یابی دفن پسماند با تاکید بر پارامترهای هیدروژئومورفولوژیکی زیست محیطی در حوزه شاهرود، به عنوان منطقه مطالعاتی با استفاده از ادغام سیستم اطلاعات جغرافیایی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره منجمله تاپسیس برای انتخاب مکان مناسب دفن پسماند انجام دادند و در نتیجه از بین پنج پهنه مورد بررسی، پهنه‌ای به مساحت دویست کیلومترمربع به دلیل داشتن امتیاز بالاتر به عنوان مناسب‌ترین پهنه انتخاب نمودند.

هدف از پژوهش جاری، شناسایی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر در دفن پسماندهای شهری و همچنین تعیین مکان دفن پسماندهای شهری در سطح شهر کرمان می‌باشد.

9	باد	عدم قرارگیری محل دفن در بالادست جریان غالب بادهای منطقه نسبت به مناطق مسکونی
10	کاربری اراضی	دارای کاربری های کشاورزی، جنگل، تالاب و مرتع نباشد.
11	فرودگاه	حداقل فاصله 3 کیلومتری، اراضی دارای فاصله بیش از چهار کیلومتر دارای بیشترین تناسب

مواد و روش ها

کرمان از شهرهای بزرگ ایران و مرکز استان کرمان در جنوب شرقی ایران است. این شهر در بخش مرکزی شهرستان کرمان قرار دارد و در موقعیت 57 درجه و 4 دقیقه طول، 30 درجه و 17 دقیقه عرض جغرافیایی و با سطحی در حدود 240 کیلومتر مربع به عنوان بزرگترین و مهمترین شهر جنوب شرقی کشور می باشد. جمعیت این شهر براساس سرشماری سال 1395، بیش از پانصد هزار نفر برآورد شده است. میزان تولید زباله این شهر مطابق آمار، حدود 380 تن در شبانه روز برآورد گردیده است.

معیارها و شاخص های مورد مطالعه در پژوهش

به طور کلی ضوابط و حریم های مورد استفاده در مکان یابی دفن زباله شهری به شرح جدول 1 می باشد:

جدول 1 معیارهای قابل استفاده در مکان یابی دفن زباله شهری

ردیف	نام معیار	نحوه اثر و ضوابط
1	منابع آب سطحی	300 متر حداقل فاصله افقی از رودخانه مرتبه 5 و 200 متر حداقل فاصله از رودخانه مرتبه 4.
2	آب زیرزمینی	حداقل عمق سطح ایستایی آب زیر زمینی 10 متر و حداقل فاصله افقی 300 متر.
3	خاک	خاک سطحی تا حد امکان از جنس رس سیلتی و در مرحله بعدی از جنس شنی-سیلتی باشد.
4	مناطق مسکونی	حداقل فاصله 1 کیلومتر از مناطق روستایی و حداقل فاصله 3 کیلومتر از مراکز شهر
5	زمین شناسی	دارای سنگ بستی تا حد امکان از جنس سنگ های آذرین و نفوذناپذیر
6	جاده ها	حداقل فاصله 250 متر
7	شیب	شیب کمتر از 20 درصد
8	مراکز تاریخی و باستانی	حداقل فاصله 500 متر

بنا به تحقیقات و نظر خبرگان مورد مطالعه در این تحقیق، معیارهای موثر مورد مطالعه در شهر کرمان عبارتند از: 1. نوع خاک، 2. کاربری اراضی، 3. فاصله از چاه های آب، 4. فاصله از شهر.

نوع خاک: خاک شناسی مجموعه اقداماتی است که برای شناسایی خاک های یک منطقه صورت می گیرد و شامل تشریح خصوصیات خاک ها، طبقه بندی آن ها براساس یک سیستم استاندارد، تعیین حدود و مرزهای خاک روی نقشه و توصیف نحوه پراکنش آن ها است. انواع خاک در جدول 2 آورده شده است.

جنس واحد زمین شناسی	مناسب بودن
شیل مارن و رس	بسیار بالا
شیت و توف رسی و سنگ های تبخیری و پهنه های رسی و رس دانه ریز	بالا
سنگ های آذرین و دگرگونی با شکستگی کم	مناسب تا ضعیف
تناوب ماسه سنگ و شیل و مارن های ماسه ای	خیلی ضعیف
ماسه سنگ و آهک دولیت ها و مخروط افکنه ها	نامناسب
زمین لغزش ها دشت ها سیلابی	مناطق ممنوع

کاربری اراضی: نامناسب ترین محل از نظر کاربری زمین برای دفن پسماندها، مناطق با کاربری کشاورزی هستند.

نامناسب	≤2
---------	----

گزینه‌ها

با توجه به پژوهش‌های انجام شده و نظر کارشناسان مستقر در شهرداری شهر کرمان و همچنین با توجه به 380 تن میزان زباله‌ی تولیدی روزانه، بر این اساس، چهار پهنه برای تعیین اولویت جایگاه دفن پسماند انتخاب شد که این چهار پهنه عبارتند از: اراضی اطراف مسیر کرمان-زرنه، مسیر کرمان-کوهپایه، مسیر کرمان-جوپار و در نهایت مسیر کرمان-ماهان.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه برای وزن‌دهی به معیارها و انتخاب گزینه بهینه می‌باشد. روش AHP اولین بار توسط توماس ساعتی معرفی شد [6]. هدف این روش اولویت‌بندی تعدادی معیار یا گزینه است. پس از تعیین هدف باید معیارهایی برای تصمیم‌گیری شناسایی شوند. این معیارها بر اساس هدف باهم مقایسه زوجی می‌شوند و وزن آن‌ها تعیین می‌شود. در نهایت گزینه‌ها براساس هر معیار باهم مقایسه زوجی شده و اولویت نهایی گزینه‌ها مشخص می‌شود.

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی AHP

1. ایجاد ساختار سلسله مراتبی: در این گام، ابتدا باید عوامل پژوهش را از منابع مختلف استخراج نمود و یا از افراد خبره سؤال کرد. بعد از استخراج عوامل و گزینه‌ها، مسأله را به سطوح معیار و در صورت وجود زیرمعیار و گزینه تقسیم می‌کنند. وجود معیار در روش AHP

جدول 3 معیارهای کاربری اراضی و رابطه آن با دفن زباله را نشان می‌دهد.

توصیف	کاربری اراضی
کاملاً مناسب	اراضی بایر و فرسوده
مناسب	مراعات نیمه متراکم
نسبتاً مناسب	زراعت دیم و متراکم
نسبتاً نامناسب	زراعت آبی
نامناسب	باغات و مجتمع

فاصله از چاه آب: طبق مصوبه شورای حفاظت از محیط زیست، حداقل فاصله از چاه‌های آب باید 300 متر باشد. جدول 4 معیار فاصله از چاه آب و رابطه آن با دفن زباله را نشان می‌دهد.

توصیف	فاصله از چاه
کاملاً مناسب	≥1000
مناسب	1000-500
نسبتاً نامناسب	500-300
نامناسب	≤300

فاصله از شهر: اهمیت مراکز جمعیتی در مکان‌یابی محل دفن زباله از دو دیدگاه قابل بررسی می‌باشد؛ نخست به لحاظ حفظ بهداشت و سلامت انسان‌ها محل دفن پسماندها بایستی بیرون از مراکز جمعیتی قرار گیرد و از سوی دیگر به منظور کاهش هزینه حمل و نقل نباید فاصله زیادی تا مجتمع‌های زیستی داشته باشند. جدول 5 معیار فاصله از شهر و رابطه آن با دفن زباله را نشان می‌دهد.

توصیف	فاصله (کیلومتر)
کاملاً مناسب	5-4
مناسب	4-3
نسبتاً نامناسب	3-2

وزن گزینه‌ها را نسبت به تک تک معیارها بدست آورد. در انتها نیز با ضرب ماتریسی وزن معیارها در وزن نسبی گزینه‌ها، وزن نهایی گزینه‌ها حاصل می‌شود.

روش تاپسیس

روش تاپسیس در سال 1981 توسط هوانگ و یون ارائه شد [7] و یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) است که به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازد. در این روش از دو مفهوم «حل ایده‌آل» و «شباهت به حل ایده‌آل» استفاده شده است.

مراحل روش تاپسیس

جهت پیاده‌سازی و انجام روش تاپسیس، گام‌های زیر اجرا می‌شوند:

1. تشکیل ماتریس تصمیم: گام اولیه این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریسی که معیارها در ستون‌ها قرار می‌گیرند و گزینه‌ها در سطر هستند. و هر سلول ماتریس، ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است. بعد از اینکه ماتریس تصمیم تشکیل شد می‌بایست آن را توسط نظرات خبرگی تکمیل نمود که این فرایند توسط طیف لیکرت صورت می‌گیرد. در مواقعی که معیار کمی است مثل هزینه یا نرخ تولید و یا غیره که مقدار عددی قرار داده می‌شود، اما در مواردی که معیار کیفی است و عدد کمی برای آن مفهومی ندارد از طیف لیکرت برای کمی‌سازی آن استفاده می‌شود.

2. بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم (نرمال‌سازی ماتریس تصمیم): بی‌مقیاس کردن در روش تاپسیس با استفاده از روش نرم اقلیدسی صورت می‌گیرد و به این صورت انجام می‌شود که هر درآیه بر جذر مجموع مربعات

ضروری است یعنی روش تحلیل سلسله مراتبی بدون وجود معیار ایجاد نخواهد شد.

2. تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: در این مرحله، عناصر هر سطح نسبت به سایر عناصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس‌های مقایسات زوجی تشکیل می‌شوند. جهت تعیین اهمیت و ترجیح در مقایسات زوجی از طیف 1 تا 9 ساعتی که به صورت زیر است استفاده می‌کنیم.

جدول 6 مقادیر ترجیحات برای مقایسات زوجی	
ترجیحات	مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	9
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	7
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	5
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	3
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	1
ترجیحات بین فواصل فوق	2,4,6,8

3. محاسبه نرخ ناسازگاری: نرخ ناسازگاری نشان دهنده این است که مقایسات از ثبات و پایداری برخوردار هستند یا خیر. چنانچه این نرخ از $0/1$ کمتر باشد نشان از سازگاری ماتریس است و اگر از $0/1$ بیشتر باشد باید در مقایسات زوجی تجدید نظر نمود.

4. محاسبه وزن عناصر در روش AHP: در این گام، با استفاده از روش‌های مختلف وزن‌دهی، وزن نسبی معیارها را بدست می‌آوریم. روش‌های متفاوتی برای وزن‌دهی وجود دارد از جمله روش مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی، میانگین هندسی، روش بردار ویژه و روش مجموع مربعات. هنگامی که در تحلیل سلسله مراتبی مدل شامل معیار و گزینه است ابتدا باید وزن معیارها نسبت به هدف را بدست آورد و سپس

روش ویکور

روش ویکور یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. این مدل توسط اپریکویچ در سال ۱۹۹۰ ارائه شد [8]. تکنیک ویکور یک روش سازشی است و به تصمیم‌گیری پیرامون گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف کمک می‌کند. منظور از جواب سازشی نزدیک‌ترین جواب موجه به جواب ایده‌آل است. کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد.

مراحل روش VIKOR

1. تشکیل ماتریس تصمیم،
 2. نرمال‌سازی ماتریس تصمیم،
 3. تعیین مقدار ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی.
- هریک از این مراحل سه‌گانه همانند روش تاپسیس انجام می‌شود.
4. محاسبه مقادیر سودمندی (S) و تأسف (R) برای هر گزینه. مقدار سودمندی (S) بیانگر فاصله نسبی گزینه نام از نقطه ایده‌آل و مقدار تأسف (R) بیانگر حداکثر ناراحتی گزینه نام از دوری از نقطه ایده‌آل می‌باشد و از روابط (4) و (5) حاصل می‌شوند.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^+ - r_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \quad (4)$$

$$R_i = \max \left\{ w_j \frac{f_j^+ - r_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \right\} \quad (5)$$

در آیه‌های آن ستون معیار تقسیم می‌شود. در این گام، در واقع ماتریس تصمیم تبدیل به یک ماتریس بی‌بعد می‌شود.

3. تعیین ماتریس بی‌مقیاس وزین: در این گام، باید وزن معیارها را در ماتریس نرمال شده، ضرب نمود تا ماتریس بی‌مقیاس وزین حاصل شود.

4. یافتن مقادیر ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: در این جا باید نوع معیارها مشخص شود معیارها یا جنبه مثبت دارند و یا منفی هستند. برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل مثبت بزرگترین مقدار آن معیار و ایده‌آل منفی کوچکترین مقدار آن معیار است. برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل مثبت کوچکترین مقدار آن معیار و ایده‌آل منفی بزرگترین مقدار آن معیار است.

5. محاسبه فاصله از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: در این گام بر اساس فرمول‌های (1) و (2)، فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی، محاسبه می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (1)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2)$$

6. محاسبه شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها: شاخص شباهت نشان دهنده امتیاز هر گزینه است و بر اساس رابطه (3) محاسبه می‌شود هرچقدر این شاخص به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان از برتری آن گزینه دارد.

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)} \quad (3)$$

یکی از گام‌های روش ویکور تعیین پارامتر ν است. این پارامتر برابر با 0/5 در نظر گرفته شده است.

حل مسئله توسط روش AHP

در این قسمت مسئله مورد مطالعه توسط روش تحلیل سلسله مراتبی AHP حل می‌شود. گام اول: ساختن نمودار سلسله مراتبی: در این قسمت از طریق مصاحبه با افراد صاحب نظر و استفاده از مقالات متعدد، معیار (نوع خاک، کاربری اراضی، فاصله از چاه آب و فاصله از شهر) و گزینه‌ها (مسیرهای جاده‌ای کرمان به زرنده، کرمان به کوهپایه، کرمان به ماهان و کرمان به جوپار) مشخص شدند. جدول 7 وضعیت معیارهای ذکر شده در مناطق مورد نظر را نشان می‌دهد.

جدول 7 وضعیت معیارها برای هر گزینه

نام منطقه	نوع خاک	کاربری اراضی	فاصله از چاه آب (متر)	فاصله از شهر (کیلومتر)
کرمان-زرنده	ماسه سنگ	بایر و فرسوده	1200	75
کرمان-کوهپایه	پهنه‌های رسی	بایر و فرسوده	700	30
کرمان-ماهان	ماسه سنگ و سنگ‌های آذرین	مراعات نیمه متراکم	250	30
کرمان-جوپار	ماسه سنگ	مراعات نیمه متراکم	130	25

گام دوم، انجام مقایسات زوجی: ماتریس مقایسات زوجی، پس از انجام مقایسات زوجی بدست می‌آید، نتایج مقایسات زوجی در ادامه از جدول 8 تا جدول 12 قابل مشاهده است.

جدول 8 مقایسه زوجی معیارها

در روابط بالا، f_j^+ : ایده آل مثبت و f_j^- : ایده آل منفی است.

6. محاسبه شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه: شاخص ویکور برای هر گزینه از رابطه (6) محاسبه می‌شود.

$$Q_i = \nu \left[\frac{S_i - S^-}{S^+ - S^-} \right] + (1 - \nu) \left[\frac{R_i - R^-}{R^+ - R^-} \right] \quad (6)$$

7. مرتب کردن گزینه‌ها براساس Q، S و R: در گام پایانی از تکنیک ویکور گزینه‌ها براساس مقادیر S، R و Q در سه گروه از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند. بهترین گزینه آن است که در هر سه مقدار رتبه برتر باشد. در گروه Q گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که بتواند دو شرط زیر را ارضا کند.

شرط یک: اگر گزینه A_1 و A_2 در میان m گزینه رتبه اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه (7) برقرار باشد:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1} \quad (7)$$

شرط دو: گزینه A_1 باید حداقل در یکی از گروه‌های S و R به عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد، مجموعه‌ای از گزینه‌ها به عنوان گزینه‌های برتر ($A_1, A_2, \dots, A_k$) انتخاب می‌شوند که مقدار k در حقیقت، بزرگترین مقداری است که در رابطه (8) صدق می‌کند.

$$Q(A_k) - Q(A_1) < \frac{1}{m-1} \quad (8)$$

جدول 12 مقایسه زوجی نسبت به معیار فاصله از شهر

فاصله از شهر	کرمان-زرنده	کرمان-کوهپایه	کرمان-ماهان	کرمان-جوپار	وزن
کرمان-زرنده	1	1	3	2	351/0
کرمان-کوهپایه	1	1	3	2	351/0
کرمان-ماهان	0/33	0/33	1	0/5	109/0
کرمان-جوپار	0/5	0/5	2	1	189/0

نرخ ناسازگاری 0/00

در جداول بالا مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به تک تک معیارها انجام شد و وزن نسبی محاسبه شد. حال برای محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها باید ماتریس وزن نسبی گزینه‌ها را در ماتریس وزن معیارها ضرب نمود. بنابراین اولویت نهایی گزینه‌ها مطابق با جدول 13 است.

جدول 13 وزن نهایی گزینه‌ها

گزینه‌ها	وزن نهایی گزینه‌ها	رتبه
کرمان-زرنده	0/383	1
کرمان-کوهپایه	0/357	2
کرمان-ماهان	0/102	4
کرمان-جوپار	0/158	3

حل مسئله توسط تاپسیس

در این قسمت مسئله به کمک تکنیک تاپسیس حل می‌شود. برای تشکیل ماتریس تصمیم (جدول 14)، از آنجا که اطلاعات مربوط به معیارهای مورد نظر (به جز معیارهای نوع خاک و کاربری اراضی) به صورت کمی موجود هستند (جدول 1)، در نتیجه ماتریس تصمیم، برای همه معیارها به جز دو معیار ذکر شده، به صورت کمی تشکیل می‌شود. برای دو معیار نوع خاک و

نوع خاک	کاربری اراضی	فاصله از چاه آب	فاصله از شهر	وزن
نوع خاک	1	0/25	0/25	0/61
کاربری اراضی	4	1	0/5	0/158
فاصله از چاه	4	2	1	0/236
فاصله از شهر	6	4	3	0/545

نرخ ناسازگاری 0/05

جدول 9 مقایسه زوجی نسبت به معیار نوع خاک

نوع خاک	کرمان-زرنده	کرمان-کوهپایه	کرمان-ماهان	کرمان-جوپار	وزن
کرمان-زرنده	1	0/14	1	0/33	0/079
کرمان-کوهپایه	7	1	7	4	0/635
کرمان-ماهان	1	0/14	1	0/33	0/079
کرمان-جوپار	3	0/25	3	1	0/207

نرخ ناسازگاری 0/01

جدول 10 مقایسه زوجی نسبت به معیار کاربری اراضی

کاربری اراضی	کرمان-زرنده	کرمان-کوهپایه	کرمان-ماهان	کرمان-جوپار	وزن
کرمان-زرنده	1	1	3	3	0/375
کرمان-کوهپایه	1	1	3	3	0/375
کرمان-ماهان	0/33	0/33	1	1	0/125
کرمان-جوپار	0/33	0/33	1	1	0/125

نرخ ناسازگاری 0/00

جدول 11 مقایسه زوجی نسبت به معیار فاصله از چاه آب

فاصله از چاه آب	کرمان-زرنده	کرمان-کوهپایه	کرمان-ماهان	کرمان-جوپار	وزن
کرمان-زرنده	1	3	8	8	590/0
کرمان-کوهپایه	0/33	1	6	6	292/0
کرمان-ماهان	0/125	0/16	1	1	059/0
کرمان-جوپار	0/125	0/16	1	1	059/0

نرخ ناسازگاری 0/03

گام پنجم: محاسبه شاخص تاپسیس و رتبه‌بندی گزینه‌ها مطابق جدول 17 انجام یافته است.

جدول 17 رتبه‌بندی گزینه‌ها با تاپسیس				
رتبه	CI	DI+	DI-	
1	0/904	0/027	0/251	کرمان-زرنند
2	0/638	0/094	0/166	کرمان-کوهپایه
4	0/000	0/252	0/000	کرمان-ماهان
3	0/190	0/208	0/049	کرمان-جوپار

مطابق جدول 17 مشاهده می‌شود که گزینه‌ی کرمان-زرنند در اولویت اول است. بعد از آن گزینه‌ی کرمان-کوهپایه قرار گرفته، سپس گزینه‌ی کرمان-جوپار در اولویت سوم است و در اولویت آخر هم گزینه کرمان-ماهان می‌باشد.

حل مسئله توسط روش ویکور

در نهایت، مسئله مطرح شده در این پژوهش را، توسط روش ویکور حل خواهیم کرد.

در روش ویکور، گام‌های اول و دوم (تشکیل ماتریس تصمیم و نرمال سازی ماتریس تصمیم) کاملاً مشابه گام‌های اول و دوم در روش تاپسیس می‌باشند که در آن ابتدا ماتریس تصمیم را نوشته، سپس فرآیند نرمال سازی ماتریس تصمیم صورت می‌گیرد. گام سوم: تعیین مقادیر ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی است که در جدول 18 آمده است.

جدول 18 مقادیر ایده‌آل‌های مثبت و منفی				
ایده‌آل مثبت	نوع خاک	کاربری اراضی	فاصله از چاه آب	فاصله از شهر
0/768	0/558	0/847	0/645	

کاربری اراضی به دلیل اینکه مقادیر این معیارها کیفی است با استفاده از طیف لیکرت مقداردهی می‌شوند.

جدول 14 ماتریس تصمیم‌گیری				
ماتریس تصمیم و کمی سازی آن	نوع خاک	کاربری اراضی	فاصله از چاه آب	فاصله از شهر
کرمان-زرنند	3	9	1200	8
کرمان-کوهپایه	7	9	700	7
کرمان-ماهان	3	7	130	4
کرمان-جوپار	4	7	250	5

گام دوم: جدول 15 مربوط به بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم با استفاده از روش نرم اقلیدسی و وزن دار کردن ماتریس است.

جدول 15 ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس وزین				
بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم	نوع خاک	کاربری اراضی	فاصله از چاه آب	فاصله از شهر
کرمان-زرنند	0/020	0/088	0/200	0/351
کرمان-کوهپایه	0/047	0/088	0/117	0/307
کرمان-ماهان	0/020	0/069	0/022	0/176
کرمان-جوپار	0/027	0/069	0/042	0/220

گام چهارم: محاسبات مرتبط با بدست آوردن مقادیر ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی مطابق با جدول 16 انجام شده است.

جدول 16 مقادیر ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی				
ایده‌آل مثبت	نوع خاک	کاربری اراضی	فاصله از چاه آب	فاصله از شهر
0/047	0/088	0/200	0/351	
0/020	0/069	0/022	0/176	

نتیجه گیری

مدیریت صحیح مواد زائد جامد شهری و انتخاب مکان مناسب جهت دفن بهداشتی این مواد می تواند زمینه ارتقای سلامت افراد جامعه را فراهم و باعث عدم بروز مسائل و مشکلات زیست محیطی که امروزه گریبان گیر اکثر مجتمع های زیستی شده است، گردد. هدف از انجام این تحقیق، یافتن مناسب ترین مکان برای دفن زباله و پسماند در اطراف شهر کرمان می باشد. بدین منظور چهار معیار مؤثر نوع خاک، کاربری اراضی، فاصله از چاه های آب و فاصله از شهر طبق نظر کارشناسان شهرداری شهر کرمان در نظر گرفته شد. در این پژوهش، با استفاده از روش های AHP، تاپسیس و ویکور و براساس معیارهای مورد اشاره، مسیرهای مختلف مورد نظر (کرمان-کوهپایه، کرمان-جوپار، کرمان-زرنند و کرمان-ماهان) از نظر قابلیت دفن پسماندها اولویت بندی شدند. در هر سه روش ذکر شده، اولویت بندی گزینه ها به صورت یکسان اتفاق افتاد. در نتیجه می توان گفت که با توجه به معیارهای انتخابی در این تحقیق، مسیر کرمان-زرنند برای دفن زباله نسبت به سایر گزینه ها ارجحیت دارد و بهترین گزینه می باشد. بعد از آن مسیرهای کرمان-کوهپایه، کرمان-جوپار و کرمان-ماهان به ترتیب در اولویت های بعدی برای دفن زباله و پسماند قرار می گیرند.

ایده آل	0/329	0/434	0/092	0/322
منفی				

گام چهارم: محاسبه مقادیر شاخص های سودمندی (S) و تأسف (R) و ویکور (Q)، برای هر گزینه که در جدول 19 محاسبه شده است.

جدول 19 محاسبه شاخص های سودمندی و تأسف و ویکور

	R	S	Q	
0/061	0/247	0/00		کرمان-زرنند
0/136	0/497	0/243		کرمان-کوهپایه
0/545	1/000	1/00		کرمان-ماهان
0/409	0/907	0/797		کرمان-جوپار

گام ششم: مرتب کردن گزینه ها براساس شاخص های Q، S و R و رتبه بندی گزینه ها که در جدول 20 انجام یافته است.

جدول 20 رتبه بندی گزینه ها توسط ویکور

رتبه	R	S	Q	
1	1	1	1	کرمان-زرنند
2	2	2	2	کرمان-کوهپایه
4	4	4	4	کرمان-ماهان
3	3	3	3	کرمان-جوپار

مطابق جدول 20 مشاهده می شود که هر چهار گزینه در هر سه شاخص رتبه ی یکسانی دارند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که گزینه ی کرمان-زرنند نسبت به سایر گزینه ها دارای اولویت بیشتری می باشد. بعد از آن گزینه ی کرمان-کوهپایه قرار می گیرد. سپس گزینه ی کرمان-جوپار در اولویت سوم است و در انتهای اولویت ها گزینه کرمان-ماهان می باشد.

منابع و مراجع

- [1] محمدعلی عبدلی، (1372). "سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری و روشهای کنترل آن"، ناشر: سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، چاپ اول.
- [2] خراسانی نعمت اله و نژادکورکی فرهاد، (1379). "استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای انتخاب محل دفن زباله خشک (مطالعه موردی زباله‌های شهر کرمان)"، بیابان، 5(1)، 59-65.
- [3] فرهودی رحمت اله، حبیبی کیومرث و زندی بختیاری پروانه، (1384). "مکان یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از منطق فازی (Fuzzy Logic) در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر سنندج)"، هنرهای زیبا، - (23)، 15-24.
- [4] هادیانی زهره، احدنژاد روشتی محسن، کاظمی زاد شمس اله و شاه علی امیر، (1391). "مکان یابی مراکز دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر زنجان)" فضای جغرافیایی، 12(40)، 116-133.
- [5] عرب عامری علیرضا و رامشت محمدحسین، (1395). "مکان یابی دفن پسماند با تاکید بر پارامترهای هیدرو ژئومورفولوژیکی-زیست محیطی"، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، 16(43)، 55-80.
- [6] Saaty, T. L., (1980). "Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process". McGraw Hill. New York.
- [7] Hwang, C.L., Yoon, K. (1981). "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications". New York: Springer-Verlag.
- [8] Opricović. S., (1990, October) "Programski paket VIKOR za visekriterijumsko kompromisno rangiranje", In 17th International symposium on operational research SYM-OP-IS