Performance Evaluation And Prioritization Of Waste Landfills In Zahedan City Using PROMETHEE Technique

Khadijeh Safari[1], Seyed Ali Jozi[2]*, Sahar Rezaian[3]

1. PhD Candidate in Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University
*2. * Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University*
3. Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University

ARTICLE INFO

Article History

Received : 28/2/2022
Accepted : 10/5/2022

Keywords
Evaluation
Prioritization Of Landfills
Sensitivity Analysis
City Waste
Zahedan County

ABSTRACT

Introduction

Along with population growth and the production of various products, human beings are faced with a large amount of waste that poses a significant risk to human health and the environment regarding materials and constituent elements. It seems necessary to reduce the adverse effects of municipal solid waste in Iran and other developing countries by integrating the knowledge of local experts and modern technologies, including new waste management methods and analysis of multi-criteria decision making to act easier and faster. One of the strengths of using the multi-criteria decision-making method to locate waste landfills is the possibility of using a set of powerful interactive tools to adjust compensability and compensation between criteria, which allows rapid evaluation of relationships between criteria. In addition to the fuzzy prioritization method, the Prometheus method, by providing a variety of preferential functions, provides the opportunity to obtain a more realistic definition of decision criteria. These features were created to show the combination of these two methods to show remarkable ability to solve the problem of evaluation and prioritization. This paper presents method three to assess land suitability to locate municipal waste landfills in Zahedan (including Zahedan and Nusratabad cities).

Materials and Methods:

In this paper, while identifying the factors affecting the location of landfills in Zahedan (including Zahedan and Nusratabad cities), the influential factors of prioritization and optimal location criteria, taking into account the ecological potential of the region, are deter-

* Corresponding author: jozi.1400@yahoo.com

mined and weighted and prioritized. Criteria and constraints were assessed using multi-criteria decision making (MCDM) methods. During the evaluation studies and to measure the capabilities of Zahedan city for urban development uses, first, all the maps were digitized. Then, the map data was transferred to the GIS environment by formatting, and a geographical database also was prepared. After the constraint evaluation stage, using the Network Analysis (ANP) method, weighting and decision making about land units are done. Then, the places identified by the Visual Promethee Academic method are prioritized, and in this regard, the best and most appropriate ones. The highest location was zoned and located for the landfill of Zahedan (Zahedan and Nusratabad cities). To know the effectiveness of each evaluation criteria used in locating the landfill in Zahedan, the sensitivity analysis of the model corrected by the GAIA method has been performed.

Results and discussion:

In this article, the most suitable areas in the south and southeast Zahedan county were identified after identifying proper places for waste burial. According to the five classification classes, the region's highest level is the category without power (99.76%), and the regions with power are about 0.231%. In the area with power, 22 units for Zahedan county and 35 units for Nusrat Abad county were found suitable for waste disposal. To prioritize the identified sites, finally, in the visual software environment, the proposed burial sites were selected by the method (PROMETHEE), one of the multi-criteria decision-making methods (MADM), which aims to rank the options. In Zahedan county, units No. 7, 8, 12, and around Nusratabad county, units No. 28, 27, and 29 have been introduced as the best-proposed areas for waste disposal.

Conclusion:

Zahedan province, with a growth rate of 0.61 percent in 1400, will reach 611374 people in 1420. Consequently, the amount of waste production will also increase. The rate of waste production per person is 613 grams per day. At present, up to 375 tons of waste is produced per day. According to population estimates in 1420 and future lifestyle changes, it is predicted that 2737,500 tons of city waste will be generated in the next 20 years. According to calculations, including the landfill and the required infrastructure space, based on the amount of waste generated in the next 20 years, about 90 hectares of land is needed. On the other hand, according to the results of this study, approximately 7,107 hectares of suitable land with a very high capacity for burying county waste in Zahedan county have been identified, which shows that it will meet the needs of Zahedan citizens even more than 20 years. Finally, a sensitivity analysis of the corrected model has been performed to determine the effectiveness of each evaluation criterion in locating the Zahedan landfill.

The derivative results of this paper from the GAIA and one-parameter methods show that this paper's ranking is strong.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICL

Khadijeh Safari, Seyed Ali Jozi2 ,Sahar Rezaian. Performance evaluation and prioritization of waste landfills in Zahedan county using PROMETHEE technique. Urban Economics and Planning Vol 3(2)

DOI: 10.22034/UEP.2022.331862.1205

ارزیابی تناسب سرزمین و اولویت‌بندی مکان‌های دفن پسماند شهرستان زاهدان با استفاده از تکنیک PROMETHEE

خدیجه صفری[۱]، سید علی جوزی[۲*]، سحر رضایان[۳]

۱. دانشجوی دکتری تخصصی محیط زیست، گروه مدیریت محیط زیست دانشکدهٔ علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران
۲. استاد تمام، گروه مهندسی محیط زیست دانشکدهٔ علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران*
۳. دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست دانشکدهٔ فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۰

کلمات کلیدی

ارزیابی اولویت‌بندی مکان‌های دفن
تجزیه‌وتحلیل حساسیت
پسماندهای شهری
شهرستان زاهدان

چکیده

در این مقاله، روش ترکیبی با هدف ارزیابی تناسب سرزمین به منظور مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری در شهرستان زاهدان ارائه شده است. ابتدا معیارهای مؤثر بر انتخاب محل دفن با توجه به شرایط منطقه و با نظر خبرگان (پرسشنامهٔ دلفی) بررسی و ۱۸ زیرمعیار در دو گروه، معیار اکولوژیکی و معیار اجتماعی اقتصادی تعیین و با استفاده از (ANP) در نرم‌افزار Super Decision 3.2 وزن‌های هر معیار محاسبه، ضمن استانداردسازی با منطق فازی و بولین، لایه‌های هر یک از این معیارها در نرم‌افزار ARC GIS 10.3 تهیه شد. با تلفیق معیارها (WLC)، در نهایت منطقهٔ مطالعه‌شده در پنج کلاس قابلیت اراضی شامل: فاقد توان، توان کم، توان متوسط، توان زیاد و توان خیلی‌زیاد طبقه‌بندی که بیشترین سطح منطقه را طبقهٔ فاقد توان (۹۹/۷۶ درصد) و مناطق مناسب حدود ۰/۲۳۱ درصد منطقهٔ مطالعه‌شده را به خود اختصاص داده است. با شناسایی مکان‌های مناسب دفن، با نرم‌افزار PROMETHEE اولویت‌بندی ۲۲ مکان در شهر زاهدان و ۳۵ مکان در شهر نصرت‌آباد، انجام و مناسب‌ترین مکان‌ها برای کاربری دفن معرفی شد. با توجه به میزان رشد جمعیت شهرستان زاهدان در سال ۱۴۲۰ جمعیت به ۶۱۱۳۷۴ نفر خواهد رسید، که محدوده‌های شناسایی‌شده دارای اولویت (بیشترین توان) ظرفیت پذیرش پسماند برای ۲۰ سال آینده را دارد. همچنین، با توجه به تحلیل حساسیت انجام‌گرفته روی اوزان به روش تک‌پارامتری و (GAIA) مشخص شد، گزینه‌های انتخاب‌شده مناسب و دارای استحکام لازم هستند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

همگام با رشد جمعیت و تولید محصولات مختلف، بشر با حجم انبوهی از زائدات روبه‌رو شده است که به لحاظ مواد و عناصر تشکیل‌دهنده از خطر زیادی برای سلامت انسان و محیط زیست برخوردار است [۱]. در حال حاضر، یکی از معضلات مهم زیست‌محیطی در شهرها شیوهٔ انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماند است. با توجه به تعدد پارامترهای مؤثر در انتخاب محل دفن، انتخاب مکان مناسب به شیوه‌های سنتی و صحرایی دشوار و در برخی موارد غیرممکن است. بنابراین، برای انتخاب یک مکان مناسب دفن پسماند با منظور کردن معیارهای زیست‌محیطی، از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان تکنیک پردازش اطلاعات واردشده در مکان‌یابی و پهنه‌بندی محل دفن پسماندهای شهری استفاده می‌شود [۲]. رشد روزافزون جمعیت و گسترش شهرنشینی و به تبع آن، افزایش پسماندهای شهری باعث به وجود آمدن معضلات زیست‌محیطی فراوانی شده است. به نظر می‌رسد، برای کاهش اثرات نامطلوب ناشی از پسماندهای جامد شهری در ایران و سایر کشورهای در حال توسعه ضروری است با استفاده از ادغام دانش کارشناسان محلی و فناوری‌های روز، شامل شیوه‌های نوین مدیریت پسماند و تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multi Criteria Decision) راحت‌تر و سریع‌تر اقدام کرد [۳]. در این مقاله ضمن شناسایی عوامل مؤثر بر محدودیت مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان (شامل دو شهر زاهدان و شهر نصرت‌آباد)، فاکتورهای تأثیرگذار اولویت‌بندی و معیارهای بهینهٔ مکان‌یابی با در نظر گرفتن توان اکولوژیکی منطقه، مشخص و نسبت به وزن‌دهی و اولویت‌بندی و ارزیابی معیارها و محدودیت‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، اقدام شد. در جریان مطالعات ارزیابی و به منظور سنجش قابلیت‌های

*ایمیل نویسندهٔ مسئول: jozi.1400@yahoo.com

شهرستان زاهدان برای کاربری‌های توسعهٔ شهری، ابتدا کلیهٔ نقشه‌ها رقومی و سپس، داده‌های نقشه‌ای با قالب برداری به محیط GIS منتقل شد و یک پایگاه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. بعد از مرحلهٔ ارزیابی محدودیت، با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، وزن‌دهی و تصمیم‌گیری در مورد واحدهای سرزمین صورت پذیرفت [۴]. در ادامه، مکان‌های شناسایی‌شده با روش پرومته (Visual Promethee Academic) اولویت‌بندی و در این راستا، بهترین و مناسب‌ترین جایگاه، برای استقرار دفن پسماند جهت شهرستان زاهدان (شهرهای زاهدان و نصرت‌آباد) پهنه‌بندی و مکان‌یابی شد. برای آگاهی از میزان تأثیرگذاری هر یک از معیارهای ارزیابی به‌کارگرفته‌شده در مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان، تحلیل حساسیت مدل تصحیح‌شده انجام گرفته است. روش GAIA برای افزایش کارایی روش‌های پرامتی مطرح می‌شود و به آن قابلیت‌های گرافیکی و تشریحی اضافه می‌کند، زیرا در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، بسیار مهم است که تصمیم‌گیرنده در مورد شاخص‌های مختلف و اثر وزن شاخص‌ها روی نتایج خروجی ارزیابی داشته باشد. در واقع، روش GAIA نشان‌دهندهٔ دید دوبعدی ترجیحات تصمیم‌گیر است، بنابراین این روش برای انجام تحلیل حساسیت بسیار مفید است [۲].

پیشینهٔ تحقیق

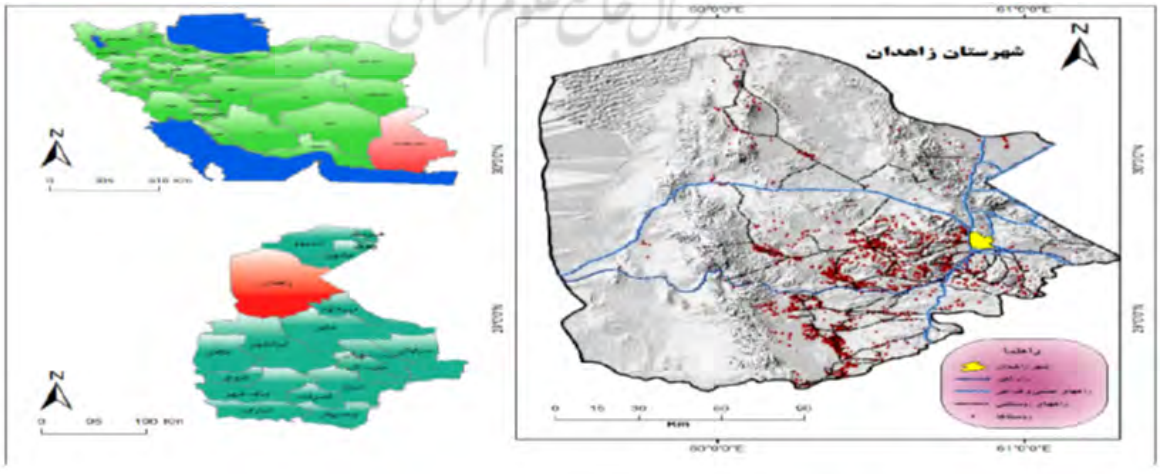
تحقیقات داخلی و خارجی زیادی در مکان‌یابی مراکز دفن پسماندهای شهری انجام شده که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود. در سال ۲۰۲۱ مقاله‌ای در عربستان با هدف انتخاب محل دفن مناسب پسماند شهری، با استفاده از روش تصمیم‌گیری AHP (۱۰ زیرمعیار) در محیط GIS (Geographic Information Systems) مورد بررسی قرار گرفته است، که منطقهٔ مطالعه‌شده ۳/۶۷ درصد در محدودهٔ مناسب و ۲۳/۹۱ درصد در محدودهٔ خیلی مناسب معرفی شده و نیز در این مقاله برای آنالیز حساسیت مدل از روش GAIA استفاده شده است [۵]. در سال ۲۰۱۹ برای مکان‌یابی محل دفن مناسب در ترکیه، با ادغام تکنیک‌های یکپارچه از روش MCDM مانند AHP، فرایند تحلیل شبکه‌ای (Analytical Network Process)، و ترکیب خطی وزنی (Weight Linear Combination) بر اساس ۱۳ معیار (در ۳ گروه، مورفولوژی، زیست‌محیطی و اقتصادی و اجتماعی) استفاده شد که از میان گزینه‌های محل دفن، مناسب‌ترین گزینه انتخاب شد [۶]. در سال ۲۰۱۹ با در نظر گرفتن کلیهٔ فاکتورهای اساسی و معیارهای رتبه‌بندی با ادغام GIS و تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌های چندمعیاره (MCDA) برای مکان‌یابی محل دفن مناسب در نیجریه مطالعاتی انجام شده است [۷]. همچنین، طی مطالعاتی در داخل، در سال ۲۰۲۰ از تلفیق ارزیابی چندمعیارهٔ AHP، سیستم اطلاعات جغرافیای GIS و تکنیک‌های سنجش از دور برای دستیابی و تهیهٔ لایه‌ها و نقشه‌ها به منظور انتخاب محل دفن پسماندهای جامد پزشکی شهر کرمانشاه استفاده شده است، که نتایج نشان داد ۹۰ درصد مساحت منطقهٔ مطالعه‌شده نامناسب و فقط ۱/۲ درصد از منطقهٔ مطالعه‌شده دارای نمرهٔ مناسب است [۸]. در سال ۲۰۱۹ با استفاده از فرایند سلسله‌مراتب تحلیلی (AHP) و (GIS) برای تصمیم‌گیری چندمعیاره MCDM برای انتخاب محل دفن پسماند شیراز، ۱۵ زیرمعیار در دستهٔ اجتماعی-اقتصادی انتخاب و وزن هر معیار بر اساس دانش متخصصین معرفی شده است [۹].

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

شهرستان زاهدان در شمال استان سیستان و بلوچستان با مساحت ۳۰،۷۱۶ کیلومتر مربع، بین ۲۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی کشور ایران واقع شده است. ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۳۷۸ متر است. این شهر دارای تعداد ۲ مرکز شهری، ۳ بخش و ۶ دهستان است [۱۰].

شهرستان زاهدان با تولید روزانه حدود ۵۰۰ تن پسماند دارای جمعیت ۵۹۲۹۶۸ نفر است که باید به طور جدی نسبت به ساماندهی پسماندهای آن چاره‌اندیشی کرد. شهرستان زاهدان به‌رغم وضعیت خاص جغرافیایی، دارای قابلیت توسعهٔ جوامع انسانی است. این امر یکی از دلایل تشکیل مراکز جمعیتی بالایی در سطح استان است. که مشکلات حاصل از عدم ساماندهی مناسب پسماند و اثرات مخرب حاصل از رهاسازی غیراصولی پسماندها، عدم همکاری شهروندان و نهادهای مرتبط، نبود یا عدم اجرای موارد قانونی در بحث جرایم، نبود کارخانه‌های بازیافت در استان، فرسودگی ماشین‌آلات، عدم حمایت مالی دولت و بخش خصوصی، نبود مکان دفن مناسب برای پسماندها، تکمیل ظرفیت دفن فعلی و بی‌توجهی به مسائل محیط زیستی در انتخاب مکان دفن پسماندها طی سال‌های گذشته، بیش از پیش نمایان می‌شود. با در نظر گرفتن ضعف‌ها در مدیریت پسماند در شهرستان زاهدان، نیاز به مکان‌یابی دفن پسماندها بیش از پیش مهم است. ایجاد سیستمی منظم برای ساماندهی پسماندها، یکی از نیازهای اولیهٔ مراکز مسکونی کشورهای در حال توسعه برای حل مشکلات روزافزون مدیریت پسماند است [۱۱].



شکل ۱. نقشهٔ موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده

مراحل انجام مطالعات مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری در شهرستان زاهدان

به طور خلاصه، می‌توان بیان داشت در این مقاله برای رسیدن به هدف مورد نظر که همان یافتن محلی مناسب برای دفن پسماندهای شهری جهت شهرستان زاهدان است، ۵ مرحله انجام گرفته که عبارت‌اند از:

۱) تعیین مهم‌ترین معیارهای دفن پسماندهای شهری به روش دلفی (۱۸ زیرمعیار در ۲ گروه معیار اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی).
۲) وزن‌دهی معیارها به روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP).
۳) فازی‌سازی لایه‌های معیار.
۴) تنظیم جدول محدودیت‌ها و مطلوبیت‌ها بر اساس منطق بولین و منطق فازی (استانداردسازی معیارها) با استفاده از نظر خبرگان [۱۲].
۵) تلفیق لایه‌های معیار، بر اساس روش (WLC)، و تهیهٔ نقشهٔ نهایی مکان‌های پیشنهادی دفن پسماند شهری در شهرستان زاهدان.
۶) اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی و انتخاب بهترین مکان برای دفن پسماند شهری با استفاده از روش (PROMETHEE).
۷) تجزیه‌وتحلیل حساسیت مدل با استفاده از روش‌های تک‌پارامتری و روش (GAIA).

مرحلهٔ اول: تعیین مهم‌ترین معیارهای دفن پسماندهای شهری به روش دلفی (Delphi)

ابتدا با مروری بر مطالعات خارج و داخل معیارهای مختلفی که در مکان‌یابی دفن پسماندها اهمیت دارند، شناسایی شد. سپس، معیارهای یادشده در قالب پرسشنامه تنظیم شد و با استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصان مربوطه در زمینهٔ محیط زیست و مدیریت پسماند، مهم‌ترین معیارها برای مکان‌یابی، بر اساس روش دلفی انتخاب شدند [۱۳]. درخور یادآوری است تعداد ۲۵ پرسشنامهٔ مورد نیاز، توسط فرمول کوکران و جدول مورگان، که از رایج‌ترین روش‌هاست توضیح و آنالیز شد [۱۴].

در این مقاله، معیارها به دو دسته تقسیم شدند، گروهای اصلی: عوامل اکولوژیکی از جمله شیب، ارتفاع، خاک، فرسایش، گسل، بارش، باد، جهت، آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و زمین‌شناسی، و عوامل اجتماعی، اقتصادی از جمله فاصله از شهر، روستا، معدن، فرودگاه و جاده، لایه‌های هر یک از این معیارها در نرم‌افزار ARC GIS تهیه شد و مورد بررسی قرار گرفت.

مرحلهٔ دوم: وزن‌دهی معیارها به روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

در مرحلهٔ دوم، معیارهای به‌دست‌آمده از مرحلهٔ اول به وسیلهٔ روش (ANP) و نرم‌افزار مخصوص آن Super Decision ۳,۲ وزن‌دهی و اهمیت آن‌ها مشخص شد. در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری یک‌طرفه در نظر گرفته می‌شود. و اما مزیت اصلی روش (ANP) این است که سنجش سنجه‌های مختلف بر اساس روابط آن‌ها و نه سلسله‌مراتب انجام می‌شود و با توجه به پیچیدگی مسائل مختلف محیط زیست و از جمله موضوع این مقاله مدل (ANP) می‌تواند نتایج بهتری را به دنبال داشته باشد [۱۵].

مراحل سوم و چهارم: معیارهای مکان‌یابی و تحلیل‌های (GIS)

در این مرحله به وسیلهٔ نرم‌افزار GIS Arc ۱۰,۳ نقشهٔ معیارها تعیین و بعد این نقشه‌ها کلاسه‌بندی و روی‌هم‌گذاری شده است [۱۶]. که در پایان این مرحله مناطق مناسب مشخص و باقی مناطق حذف شد [۷]. مراحل صورت‌گرفته برای نیل به هدف، به صورت مراحل تفکیک‌شده از هم بیان می‌شود.

الف: جمع‌آوری و تهیهٔ نقشه‌های موضوعی و تصاویر ماهواره‌ای موجود و مورد نیاز

در این مرحله با توجه به نیازهای اطلاعاتی موجود در پروژهٔ اقدام به جمع‌آوری نقشه‌های موضوعی و تصاویر ماهواره‌ای شد. بعضی از این نقشه‌ها به صورت کاغذی و برخی دیگر به صورت رقومی و با فرمت DWNو DGN موجود بوده که در خصوص نقشه‌های فرمت کاغذی رقومی‌سازی انجام و در خصوص نقشه‌های رقومی یادشده نیز تبدیل فرمت به Shape file انجام گرفته است و سپس، در مورد بعضی از اطلاعات و یا نواقص موجود در بعضی از لایه‌های اطلاعاتی جهت تکمیل و تولید اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی موجود استفاده شد.

ب: آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی زمین مرجع برای عوارض مورد نیاز

با مشخص شدن معیارها (لایه‌های مورد نیاز برای مکان‌یابی محل دفن پسماند) به منظور ارزیابی واحدهای مکانی، هر معیار به صورت یک لایه نقشه در پایگاه داده مبتنی بر ArcGIS آماده سازی و تحت عنوان نقشه‌های معیار ذخیره شد. با توجه به اینکه هر یک از طبقات نقشه‌های معیار دارای ارزش متفاوتی است، معیارهای ارزیابی‌شده در محیط GIS با استفاده از منطق فازی (Fuzzy Logic) استانداردسازی شده است. فرایند تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط سامانه‌ای اطلاعات مکانی با استفاده از این منطق مشتمل بر مراحلی مانند ایجاد لایه‌های مقدماتی، اعمال توابع اولیه، فازی‌سازی لایه‌ها و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی بر اساس منطق فازی است [۱۷]. و نیز طراحی و اجرای توابع عضویت فازی (Fuzzy Membership Function) برای استانداردسازی فازی معیارها انجام شد [۱۸].

ج: انتخاب معیار برای تعیین حریم هر یک از عوارض مورد استفاده

در این مرحله به منظور رعایت کلیهٔ استانداردهای موجود در خصوص حریم عوارض و نیز رعایت کلیهٔ اصول زیست‌محیطی، معیارهای عوامل اثرگذار مشخص شد. از آنجا که هیچ استاندارد مدونی به این منظور از قبل موجود نبوده، گروه خبره اقدام به تهیهٔ معیارها با توجه به عوامل محیطی، مقررات موجود در سازمان‌های دولتی و با توجه به شرایط بومی منطقه کرده‌اند. در همین راستا، به هر معیار با توجه به مقدار عددی مورد نظر، مقدار عضویتی اختصاص یافت. این مقدار در حقیقت بیان‌کنندهٔ میزان مطلوبیت آن ناحیه بر اساس معیار مورد نظر است، به این معنا که مناطق دارای درجهٔ عضویت بیشتر، از مطلوبیت بالاتری برخوردار هستند. نقشه‌های خروجی در این مرحله نقشه‌های تناسب اراضی (Land Suitability) برای معیار مربوطه است. در این نقشه‌ها، اعداد بزرگ‌تر مطلوبیت بیشتری برای مکان‌یابی محل دفن پسماند خواهند داشت [۱۹].

مرحلهٔ پنجم: تهیهٔ نقشهٔ نهایی مکان‌های پیشنهادی دفن به روش (WLC)

از روش‌های مختلفی برای ترکیب لایه‌ها در محیط سامانه‌ای اطلاعات مکانی GIS می‌توان استفاده کرد. با توجه به اجرای توابع فازی برای استانداردسازی داده‌ها، روش ترکیب خطی وزنی WLC از جمله روش‌های مطلوب در این خصوص است. به این‌منظور، در این مقاله با تلفیق نقشه‌های معیار استاندارد شده با وزن مشخص، در نهایت مکان یابی مناطق پیشنهادی جهت دفن پسماند از روش WLC در محیط نرم افزار GIS استفاده شد. بنابراین، با استفاده از این روش که آخرین مرحله ارزیابی مکان‌های مناسب برای مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری است، معیارها با استفاده از وزنی که با استفاده از روش ANP داده‌شده، با یکدیگر ترکیب می‌شوند [۲۰].

$$S = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i$$

در ایـن رابطـه، n تعـداد معیارهـای مورد نظـر، iW وزن هر معیـار، iX معیار مورد نظر هستند.

مرحلـهٔ ششـم: اولویت‌بنـدی مکان‌های پیشـنهادی برای دفن پسـماند شـهری با استفاده از روش (PROMETHEE)

در ایـن مقالـه بـه منظـور اولویت‌بنـدی مناطـق پیشـنهادی محل دفن پسـماند از روش PROMETHEE در محیـط نرم‌افـزار ویـژوال پرومتـه اسـتفاده شـد. روش PROMETHEE یکـی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشـاخصه (MADM) اسـت کـه هـدف آن رتبه‌بنـدی گزینه‌ها اسـت. ایـن روش توسـط Brans و Vincle در سـال ۱۹۸۵ ایجاد شـده و توسـط Brans و همکاران در سـال ۱۹۸۶ بهبود یافته اسـت [۲۱]. نرم‌افـزار ویـژوال پرومتـه یکـی از نرم‌افزارهـای تصمیم‌گیـری چندشـاخصه اسـت و همان‌طـور کـه از نامـش پیداسـت بـرای تکنیـک پرومتـه اسـتفاده می‌شـود. ایـن نرم‌افـزار قـادر بـه حـل نسـخه‌های مختلـف پرومتـه از جملـه Promethee 1,2 و Promethee 5 اسـت. گام‌هـای روش پرومتـه در زیر ارائه شده است [۸].

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم (از نوع معیار- گزینه)
گام دوم: تبدیل شاخص‌های کیفی به کمی
گام سـوم: بـه دسـت آوردن وزن معیارها (در ایـن مقاله با اسـتفاده از روش ANP وزن معیارها انتخاب شد)
گام چهـارم: تعییـن توابـع ارجحیت بـرای هر یـک از معیارها (با توجـه به ماهیت هـر یـک از معیارهـا یکی از ۶ نـوع توابع معروف مخصـوص روش Promethee انتخاب شد)
گام پنجـم: محاسـبهٔ مقادیـر phi+ و phi- بـرای گزینه‌هـا (روش پرومتـه ۱)؛ در ایـن مرحلـه بـا اسـتفاده از روش Promethee 1 گزینه‌هـا رتبه‌بنـدی می‌شـوند. این رتبه‌بندی با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد.

$$\emptyset+ (a)= \frac{1}{n-1} \sum \pi (X,a)$$
$$\emptyset- (a)= \frac{1}{n-1} \sum \pi (X,a)$$

گام ششـم: محاسـبهٔ مقادیـر phi خالص گزینه‌هـا (روش پرومتـهٔ ۲)؛ در مرحلهٔ ۵ کـه رتبه‌بنـدی بـه روش پرومتـه ۱ اسـت، رتبه‌بنـدی از نوع جزئی و ممکن اسـت بسـیاری از گزینه‌هـا بـا هـم تداخـل داشـته باشـند و نتـوان بـه رتبه‌بنـدی جامع دسـت یافـت. بنابرایـن، از روش Promethee ۲ کـه رتبه‌بنـدی کامل اسـت به یک جمع‌بندی کامل در مورد رتبهٔ گزینه‌ها دست خواهیم یافت.

$$\emptyset (a) = \emptyset+ (a) - \emptyset^{-} (a)$$

مرحلـهٔ هفتـم: تجزیه‌وتحلیـل حساسـیت مـدل بـا اسـتفاده از روش‌هـای تک‌پارامتری و روش (GAIA)

بـرای انجـام ایـن کار از روش تحلیل حساسـیت تک‌پارامتری اسـتفاده شـد. روش تحلیـل حساسـیت تک‌پارامتری، اثـر هر یـک از معیارهای ارزیابـی روی پهنه‌بندی محـل دفـن پسـماند را مـورد بررسـی قـرار می‌دهـد. این تحلیـل حساسـیت برای مقایسـهٔ وزن واقعـی هر یـک از معیارهـای ارزیابی با وزن تئوریـک در مدل تحلیلی انجام می‌شود. وزن پارامتر مؤثر از معادلهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$w=(Pr \times Pw/V) \times ۱۰۰$$

کـه در آن P پارامتـر مـورد نظـر، W وزن پارامتـر مؤثـر، r رتبـهٔ پارامتـر مؤثر و V شاخص کلی پتانسیل محل دفن پسماند است.

روش GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Assistance) برای افزایـش کارایـی روش‌هـای پرامتـی مطرح‌شـده روش مناسـب بـرای تحلیـل حساسـیت مـدل اسـت. ایـن روش گرافیکـی GAIA دارای قـدرت نمایش بسـیار عالـی و می‌توانـد تضادهـای موجـود میـان گزینه‌های مختلـف را به‌خوبی نشـان دهـد. همچنیـن، ایـن روش دارای انعطـاف خوبی بـوده و می‌تواند همـهٔ داده‌های کمـی و کیفـی را پوشـش داده و به آنالیز، آن‌ها بپردازد. ایـن روش ابزار قدرتمندی جهـت آنالیـز سیسـتم‌ها و ارزیابی حل مشـکلاتی کـه دارای معیارهـای متعارض هسـتند، بـه شـمار مـی‌رود. این فراینـد فعال دارای فهم بسـیار سـاده بـوده و گاه قـادر اسـت ایـدهٔ فرد تصمیم‌گیرنده را نسـبت به مسـئله مـورد حل تا حـدی تغییر دهـد. ایـن روش دارای تحلیل‌هـای حساسـیت بوده که به واسـطهٔ تغییـر وزن‌ها، انـواع توابـع ارجحیت، پارامترهای آسـتانه و سـطوح محدودکننده ایجاد می‌شـود. همچنیـن، در ایـن مـدل از نظـرات افـراد گوناگون اسـتفاده می‌شـود و خـود مدل هیچ قضاوتی در مورد آن انجام نمی‌دهد [۲۲].

یافته‌ها

مهم‌تریـن معیارهـا برای مکان‌یابی دفن پسـماندهای شهرسـتان زاهدان (دو شـهر زاهـدان و نصرت‌آبـاد)، با اسـتفاده از روش دلفی به دسـت آمده اسـت. در وزن‌دهی معیارهـا بـه روش فراینـد تحلیـل شـبکه‌ای ANP از نرم‌افـزار Super Decision 3.2) اسـتفاده شـد. پس از آن، به لایه‌های تولیدشـده بر اسـاس میزان اهمیتشـان در مکان‌یابـی محـل دفـن پسـماند امتیـازی تعلـق گرفتـه (وزن‌دهـی معیارهـا بـا اسـتفاده از روش فراینـد تحلیـل شـبکه‌ای ANP)، کـه نتایـج در جـدول ۱ آمـده، همان‌طور که مشـخص اسـت زیرمعیار فاصله از شـهر (۰/۴۹۴) از گـروه معیارهای اجتماعـی و اقتصـادی بیشـترین وزن و زیر معیار ارتفـاع (۰/۰۱۱) از گروه معیارهای اکولوژیکی کمترین وزن را به خود اختصاص داده است.

جدول ۱. مقدار وزن برای معیارهای ارزیابی مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از روش ANP

رتبه	معیارها	وزن
۱	اکولوژیکی	۰,۸۷۵
۲	اجتماعی اقتصادی	۰,۱۲۵

رتبه	زیرمعیارهای اجتماعی اقتصادی	وزن
۱	فاصله از شهر	۰,۴۹۴
۲	فاصله از روستا	۰,۲۹۶
۳	فاصله از فرودگاه	۰,۱۱۵
۴	فاصله از معدن	۰,۰۶۳
۵	فاصله از جاده	۰,۰۵۰

رتبه	زیرمعیارهای اکولوژیکی	وزن
۱	فاصله از آب‌های زیرزمینی	۰,۲۳۶
۲	فاصله از گسل	۰,۱۸۰
۳	فاصله از آب‌های سطحی	۰,۱۶۷
۴	باد	۰,۰۸۵
۵	پوشش گیاهی	۰,۰۶۳
۶	بارش	۰,۰۵۸
۷	خاک	۰,۰۴۹
۸	کاربری زمین	۰,۰۴۲
۹	فرسایش	۰,۰۳۱
۱۰	جهت	۰,۰۳۰
۱۱	زمین‌شناسی	۰,۰۲۵
۱۲	شیب	۰,۰۲۳
۱۳	ارتفاع	۰,۰۱۱

لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ گردآوری و مناطقی که در مکان‌یابی محل دفن پسماند نامناسب هستند، با استفاده از معیارهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران و EPA، شناسایی‌شده تا حریم مشخصی برای هر معیار که احتمال ایجاد خطر برای سلامت انسان و محیط زیست وجود داشته باشد، حذف شود. درخور یادآوری است به دلیل حساسیت موضوع، کلیهٔ نقاط تعیین‌شده در حاشیهٔ دشت‌ها بوده و از در نظر گرفتن نقاط در نزدیکی مراکز جمعیتی و اراضی کشاورزی، اجتناب شد و نیز با استفاده از نظر خبرگان جدول ۲، محدودیت‌ها (بر اساس استانداردسازی منطق بولین) و مطلوبیت‌ها (بر اساس استانداردسازی منطق فازی) تهیه و تنظیم شد.

جدول ۲. معیار، شکل و نوع تابع عضویت

معیار	مطلوبیت	محدودیت لایه‌های معیار	شکل و نوع تابع عضویت	مراجع
ارتفاع (m)	۰ تا ۹۰۰ معادل ۱، ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ معادل (۰تا۱)، بیشتر از ۱۵۰۰معادل صفر		گسسته	Beskese et al., 2015 [23] Eskandari et al., 2015 [24] Abd-El Monsef, 2015 [25] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [26] Mallick, 2021 [5] اقصایی و سوری، 1396 [27]
شیب (درصد)	۰ تا ۱۰درصد معادل ۱، ۱۰درصد تا ۱۵درصد معادل (۰ تا ۱)، بیش از۱۵درصد معادل صفر		گسسته	Beskese et al., 2015 [23] Eskandari et al., 2015 [24] Abd-El Monsef, 2015 [25] Bahrani et al., 2016 [28] Govind Kharat., et al, 2016 [29] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [26] Karimi et a,2020 [7] Mallick, 2021 [5] میرزایی و همکاران 1393 [30] ملکی و همکاران 1397 [31]
جهت	جنوب و جنوب شرقی معادل ۱، جنوب غرب معادل ۰/۴، شمال شرقی معادل ۰/۴، شمال و شمال غربی معادل صفر		گسسته	Beskese et al., 2015 [23] Mallick, 2021 [5] خسروی و اشجعی، 1396 [32] صیدایی و حسین‌زاده، 1396 [33]
نوع خاک	خیلی کم لومی معادل ۱، کم لومی رسی معادل ۰/۸، متوسط شنی معادل ۰/۶، رسی معادل ۰/۲		گسسته	Abd-El Monsef, 2015 [25] Eskandari et al., 2015 [24] Bahrani et al., 2016 [28] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [26] Majumdar ET AL., 2017 [34] Yousefi et al., 2018 [36] Karimi et a,2020 [8] اقصایی و سوری، 1396 [28] ملکی و همکاران، 1397 [32]

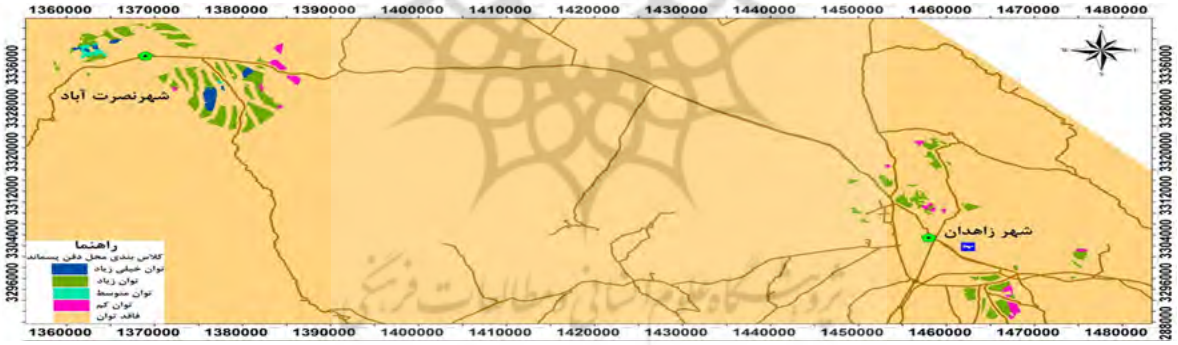
فرسایش	فرسایش کم یا جزئی معادل۰/۸، فرسایش متوسط معادل۰/۴، فرسایش زیاد معادل۰/۲، فرسایش خیلی زیاد معادل صفر		گسسته	Abd-El Monsef, 2015 [25] Eskandari et al., 2015 [23] Kahvand et al., 2015 [36] Karimi et a,2020 [8]
فاصله از فرودگاه (m)	بیش از ۸۰۰۰ معادل ۱، ۳۰۰۰ تا ۸۰۰۰ معادل (۰ تا ۱)، کمتر از ۳۰۰۰ معادل صفر		افزاینده - خطی یکنواخت	Eskandari et al., 2015 [24] Ni-Bin Chang et al., 2015 [37] Bahrani et al., 2016 [28] Jiao et al., 2017 [38] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [26] Vosoogh et al., 2017 [39] Yousefi et al., 2018 [35] Karimi et a,2020 [8] Mallick, 2021 [5] اقصایی و سوری، 1396 [27]
زمین‌شناسی	بسیار مقاوم معادل ۱، مقاوم معادل ۰/۸، مقاومت متوسط ۰/۴، مقاومت متوسط تا ضعیف معادل ۰/۲، مقاومت بسیار ضعیف معادل ۰/.		گسسته	Eskandari et al., 2015 [24] Ni-Bin Chang et al., 2015[37] Bahrani et al., 2016 [28] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [26] Yousefi et al., 2018 [35] Karimi et a ,2020 [8] Mallick, 2021 [5] اقصایی و سوری، 1396 [27]
فاصله از گسل (m)	بیشتر از ۱۵۰۰معادل۱، ۵۰۰ تا ۱۵۰۰معادل(۰ تا ۱)، کمتر از ۵۰۰ معادل صفر		افزاینده - خطی یکنواخت	Bahrani et al., 2016 [28] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [26] Karimi et a,2020 [8] اقصایی و سوری، 1396 [27]
فاصله از معادن (m)	بیشتر از ۱۵۰۰معادل۱، ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ معادل (۰ تا ۱)، کمتر از ۵۰۰ معادل صفر		افزاینده - خطی یکنواخت	Bahrani et al., 2016 [28] Vosoogh et al., 2017 [39] Yousefi et al., 2018 [35] اقصایی و سوری، 1396 [27]
فاصله از شهر (m)	۳۰۰۰ تا۱۰۰۰۰ معادل ۱، ۱۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ معادل (۰ تا ۱)، بیشتر از ۱۵۰۰۰معادل صفر	بافر از محدوده ۳۰۰۰ متر	کاهنده - خطی یکنواخت	Eskandari et al., 2015 [24] Ni-Bin Chang et al., 2015 [37] Bahrani et al., 2016 [28] Jiao et al., 2017 [38] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [25] Vosoogh et al., 2017 [39] Yousefi et al., 2018 [35] Karimi et a,2020 [8] Mallick, 2021 [5] اقصایی و سوری، 1396 [27]
فاصله از روستا (m)	۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ معادل ۱، ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ معادل (۰ تا ۱)، و بیشتر از ۶۰۰۰ معادل صفر	بافر از محدوده ۱۵۰۰ متر	کاهنده - خطی یکنواخت	Eskandari et al., 2015 [24] Ni-Bin Chang et al., 2015 [37] Bahrani et al., 2016 [28] Jiao et al., 2017 [38] Jamshidi Zanjani and Rezaie, 2017 [26] Vosoogh et al., 2017 [39] Yousefi et al., 2018 [35] Karimi et a,2020 [8] اقصایی و سوری، 1396 [27]
عمق آب‌های زیرزمینی	۰ تا۱۰۰۰ متر معادل صفر، ۱۰۰۰ تا۴۰۰۰ معادل (۰ تا ۱)، بیش از ۴۰۰۰ معادل ۱		افزاینده - خطی یکنواخت	Eskandari et al., 2015 [24] Vosoogh et al., 2017[39] Yousefi et al., 2018 [35] Karimi et a,2020 [8] Mallick, 2021 [5] ملکی و همکاران، 1397 [31]
فاصله از آب‌های سطحی	۰ تا۱۰۰۰ متر معادل صفر، ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ معادل(۰تا۱)، بیش از ۴۰۰۰ معادل ۱		افزاینده - خطی یکنواخت	Ni-Bin Chang et al., 2015 [37] Jiao et al., 2017 [38] Yildirim et al., 2018 [3] Karimi et ai,2020 [8] Mallick, 2021 [5]

فاصله کاربری اراضی	کاربری زمین‌های بایر و شوره زار معادل ۱، کاربری کشاورزی معادل صفر		گسسته	Yousefi et al., 2018 [35] Karimi et a,2020 [8] Mallick, 2021 [5] بنی اسدی و همکاران، 1396 [40]
فاصله از جاده (m)	۳۰۰ تا ۲۰۰۰ معادل ۱، ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ معادل (۰ تا ۱)، بیش از ۴۰۰۰معادل صفر	بافر از محدوده ۳۰۰ متر	کاهنده - خطی یکنواخت	Ni-Bin Chang et al., 2015 [37] Karimi et a,2020 [8] Mallick, 2021 [5]

در ادامه با تلفیق لایه‌های معیار با استفاده از روش ترکیب وزنی خطی (WLC)، نقشهٔ نهایی مکان‌های دفن پیشنهادی تهیه و منطقهٔ مورد مطالعه بر اساس امتیاز نهایی کلی برآورد شده و در پنج کلاس قابلیت اراضی شامل: فاقد توان، توان کم، توان متوسط، توان زیاد و توان خیلی‌زیاد طبقه‌بندی شدند (جدول ۳)، با توجه به طبقه‌بندی، مشخص شد که بیشترین سطح منطقه را طبقهٔ فاقد توان (۹۹/۷۶ درصد) و مناطق مناسب برای دفن پسماند در مجموع حدود (۰/۲۳۱ درصد) منطقهٔ مطالعه‌شده را به خود اختصاص داده است. در شکل ۱ نیز کلاس‌بندی نقشهٔ نهایی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان (شهرهای زاهدان و نصرت‌آباد) در محیط نرم‌افزار ArcGIS ۱۰,۳ ارائه شده است.

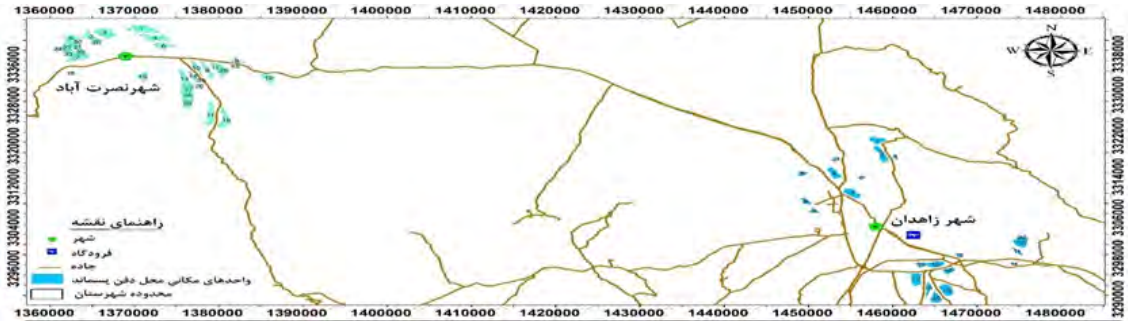
جدول ۳. کلاس‌بندی نقشهٔ نهایی برای مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان

ردیف	کلاس اولویت‌بندی	ارزش نهایی	درصد مساحت
۱	فاقد توان	۰/۲ _ ۰	۹۹/۷۶
۲	توان کم	۰/۴ _ ۰/۲	۰/۰۰۹
۳	توان متوسط	۰/۶ _ ۰/۴	۰/۰۰۷
۴	توان زیاد	۰/۸ _ ۰/۶	۰/۲۰۷
۵	توان خیلی زیاد	۱ _ ۰/۸	۰/۰۱۷



شکل ۱. نقشهٔ کلاس‌بندی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان در محیط نرم‌افزار ArcGIS

در شکل ۲، مناطق مناسب جهت دفن پسماند برای شهرستان زاهدان (شهرهای زاهدان و نصرت‌آباد)، در جاهایی که از نظر معیارهایی ارزیابی شرایط مناسبی را دارند، مشخص شده است. در نهایت، نتایج بیانگر آن است که در اطراف شهر زاهدان، ۲۲ واحد مکانی و در اطراف شهر نصرت‌آباد ۳۵ واحد مکانی برای دفن پسماندهای شهری شناسایی و پیشنهاد شده است.



شکل ۱. نقشهٔ کلاس‌بندی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان در محیط نرم‌افزار ArcGIS

مساحت هر محدودهٔ توان اراضی مستعد دفن پسماندهای شهری برای شهرهای زاهدان و نصرت‌آباد و میزان ارزشی هر محدوده در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. طبق این محدوده‌ها مناسب‌ترین نواحی برای مکان‌یابی دفن پسماند در جنوب و جنوب شرق شهرستان زاهدان قرار گرفته است. با توجه به نوع خاک، فرسایش، گسل و... (۱۸ زیرمعیار) بررسی‌شده در شهر زاهدان محدوده‌های با توان مناسب با مساحت کمتری جهت دفن شناسایی شد، بیشترین وسعت اراضی منطقه مورد مطالعه، فاقد توان است و هیچ بخشی از شهر زاهدان برای کاربری دفن پسماندها دارای توان خیلی زیاد نیست. به طوری که در اطراف شهر نصرت‌آباد، محدوده‌هایی با توان خیلی زیاد و توان زیاد مشاهده شد. همچنین، با توجه به نقشهٔ یادشده مشخص می‌شود که بیشتر اراضی دارای توان، اعم از توان کم و توان متوسط، در حواشی شهرهای زاهدان و نصرت‌آباد متمرکزند.

جدول ۴. مساحت هر محدودهٔ توان اراضی در شهر زاهدان

محدوده	مساحت کل (هکتار)	درصد	محدوده	مساحت کل (هکتار)	درصد
۱	۱۷۲,۶	۶,۸۶	۱۲	۳۳,۶۵	۱,۳۴
۲	۲۱۳,۴	۸,۴۸	۱۳	۱۸۷,۸۲	۷,۴۶
۳	۲۵,۹۵	۱,۰۳	۱۴	۲۰,۳۴	۰,۸۱
۴	۱۸۳,۸۸	۷,۳۱	۱۵	۵۲,۰۸	۲,۰۷
۵	۶۶,۴۷	۲,۶۴	۱۶	۱۰۰,۵۵	۳,۹۹
۶	۲۲,۵۲	۰,۸۹	۱۷	۲۴۰,۸۱	۹,۵۷
۷	۲۱۴,۵	۸,۵۲	۱۸	۸۴,۹۶	۳,۳۸
۸	۸۱,۸۵	۳,۲۵	۱۹	۲۶۸,۴۶	۹,۸۷
۹	۵۱,۳۶	۲,۰۴	۲۰	۱۷۵,۰۲	۶,۹۵
۱۰	۲۰۵,۸	۸,۱۸	۲۱	۲۳,۱۶	۰,۹۲
۱۱	۵۲,۱۱	۲,۰۷	۲۲	۵۹,۸۴	۲,۳۸
جمع کل		۲۵۱۷,۱۳			۱۰۰

جدول ۵. مساحت هر محدوده توان اراضی در شهرنصرت‌آباد

محدوده	مساحت کل (هکتار)	درصد	محدوده	مساحت کل (هکتار)	درصد
۱	۳۳۷,۵	۷,۳۵	۱۹	۱۵۷,۱	۳,۴۲
۲	۳۰۹,۰۳	۶,۷۳	۲۰	۷۲,۵۶	۱,۵۸
۳	۱۵۸,۵۳	۳,۴۵	۲۱	۴۹,۴	۱,۰۸
۴	۲۶۳,۰۶	۵,۷۳	۲۲	۲۱,۲۴	۰,۴۶
۵	۲۹۵,۱۵	۶,۴۳	۲۳	۲۳	۰,۵۰
۶	۱۶۷,۰۶	۳,۶۴	۲۴	۳۴,۲۴	۰,۷۵
۷	۱۹۱,۷۲	۴,۱۸	۲۵	۱۵۰,۹۶	۳,۲۹
۸	۴۷,۴۲	۱,۰۳	۲۶	۲۷,۴۹	۰,۶۰
۹	۱۴۷,۱۳	۳,۲۱	۲۷	۱۰۸,۶۶	۲,۳۷
۱۰	۱۰۴,۱۵	۲,۲۷	۲۸	۲۸۹,۲۳	۶,۳۰
۱۱	۱۱۹,۹۵	۲,۶۱	۲۹	۱۲۶,۰۱	۲,۷۵
۱۲	۴۳,۰۸	۰,۹۴	۳۰	۲۴,۸۸	۰,۵۴
۱۳	۲۳۱,۳۲	۵,۰۴	۳۱	۸۸,۱۱	۱,۹۲
۱۴	۶۸,۵۱	۱,۴۹	۳۲	۱۲۷,۹۸	۲,۷۹
۱۵	۱۳۴,۹۹	۲,۹۴	۳۳	۵۹,۹۷	۱,۲۹
۱۶	۲۰,۶۹	۰,۴۵	۳۴	۳۳,۳۹	۰,۷۳
۱۷	۲۷۵,۶۵	۶,۰۱	۳۵	۲۵,۸۱	۰,۵۶
۱۸	۲۵۵,۰۸	۵,۵۶	جمع کل	۴۵۸۹,۴۵	۱۰۰

نتایج حاصل از اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی محل دفن پسماند با استفاده از روش PROMETHEE در شهرهای زاهدان و نصرت‌آباد در جدول‌های ۶ و ۷ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۶ مشخص است در محدودهٔ شهر زاهدان واحدهای شمارهٔ ۸، ۱۲ و ۷ بهترین ویژگی را به منظور محل پیشنهادی دفن پسماند دارد. در اطراف شهر نصرت‌آباد نیز واحدهای شمارهٔ ۲۸، ۲۷ و ۲۹ به عنوان بهترین مناطق پیشنهادی برای دفن پسماند معرفی شده‌اند.

جدول ۶. اولویت‌بندی مناطق پیشنهادی محل دفن پسماند شهر زاهدان با روش PROMETHEE

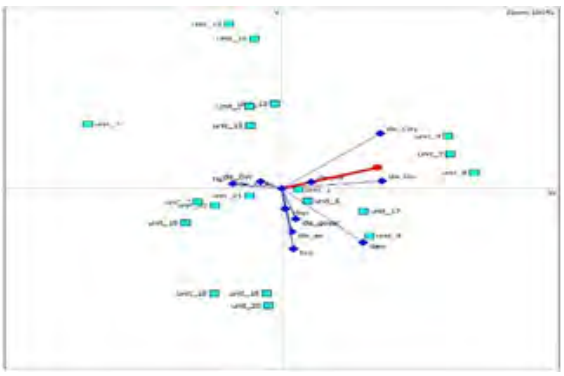
نام واحد مکانی	اولویت	Phi	+Phi	-Phi
unit_8	۱	۰,۲۵۸۵	۰,۳۱۹۱	۰,۰۶۰۶
unit_12	۲	۰,۲۳۰۴	۰,۳۶۷۴	۰,۱۳۷۰
unit_7	۳	۰,۲۲۰۲	۰,۲۸۲۶	۰,۰۶۲۴
unit_4	۴	۰,۲۰۴۹	۰,۲۷۷۵	۰,۰۷۲۶
unit_9	۵	۰,۱۰۳۲	۰,۱۷۰۶	۰,۰۶۷۴
unit_17	۶	۰,۰۷۷۳	۰,۱۷۶۲	۰,۰۹۸۹
unit_5	۷	۰,۰۷۳۰	۰,۲۱۸۱	۰,۱۴۵۲
unit_6	۸	۰,۰۴۵۲	۰,۱۵۰۵	۰,۱۰۵۳
unit_10	۹	۰,۰۳۴۰	۰,۲۷۷۱	۰,۲۴۳۱
unit_1	۱۰	۰,۰۲۱۱	۰,۱۸۱۴	۰,۱۶۰۳
unit_13	۱۱	۰,۰۱۳۴	۰,۱۵۰۷	۰,۱۳۷۳
unit_16	۱۲	-۰,۰۱۹۵	۰,۱۳۶۸	۰,۱۵۶۳
unit_14	۱۳	-۰,۰۷۹۹	۰,۰۷۲۳	۰,۱۵۲۲
unit_20	۱۴	-۰,۰۷۹۹	۰,۰۷۲۳	۰,۱۵۲۲
unit_15	۱۵	-۰,۰۸۲۵	۰,۱۴۵۸	۰,۲۲۸۲
unit_11	۱۶	-۰,۰۹۰۹	۰,۰۶۴۷	۰,۱۵۵۶
unit_18	۱۷	-۰,۰۹۰۹	۰,۰۶۴۷	۰,۱۵۵۶
unit_19	۱۸	-۰,۱۲۰۵	۰,۰۶۰۶	۰,۱۸۱۱
unit_2	۱۹	-۰,۱۲۹۶	۰,۰۵۰۸	۰,۱۸۰۳
unit_21	۲۰	-۰,۱۵۱۷	۰,۰۳۶۲	۰,۱۸۷۸
unit_3	۲۱	-۰,۱۶۷۶	۰,۰۳۸۸	۰,۲۰۶۴
unit_22	۲۲	-۰,۲۶۸۳	۰,۰۲۲۲	۰,۲۹۰۵

جدول ۷. اولویت‌بندی مناطق پیشنهادی محل دفن پسماند شهر نصرت‌آباد با روش PROMETHEE

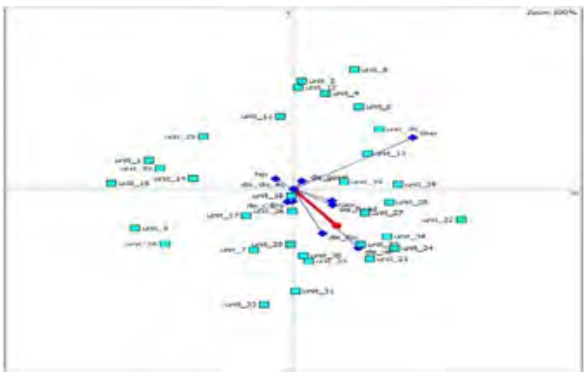
نام واحد مکانی	اولویت	Phi	+Phi	-Phi
unit_28	۱	۰,۲۱۹۸	۰,۲۸۳۱	۰,۰۶۳۳
unit_27	۲	۰,۲۱۶۱	۰,۲۸۱۵	۰,۰۶۵۴
unit_29	۳	۰,۲۰۵۱	۰,۲۷۴۷	۰,۰۶۹۶
unit_26	۴	۰,۱۸۳۶	۰,۲۷۱۶	۰,۰۸۸۰
unit_22	۵	۰,۱۸۰۴	۰,۲۴۳۲	۰,۰۶۲۸
unit_24	۶	۰,۱۷۰۵	۰,۲۳۹۰	۰,۰۶۸۵
unit_21	۷	۰,۱۶۶۸	۰,۲۳۷۴	۰,۰۷۰۶
unit_31	۸	۰,۱۵۵۸	۰,۲۳۰۶	۰,۰۷۴۸
unit_33	۹	۰,۱۵۱۱	۰,۲۳۰۱	۰,۰۷۹۰
unit_30	۱۰	۰,۱۴۳۷	۰,۲۳۳۱	۰,۰۸۹۴

unit_23	۱۱	۰,۱۴۱۵	۰,۲۳۰۴	۰,۰۸۸۹
unit_34	۱۲	۰,۱۲۶۷	۰,۲۳۴۱	۰,۱۰۷۴
unit_32	۱۳	۰,۱۱۳۳	۰,۲۲۷۷	۰,۱۱۴۳
unit_25	۱۴	۰,۰۸۲۱	۰,۲۲۶۱	۰,۱۴۴۰
unit_5	۱۵	۰,۰۱۴۵	۰,۱۷۵۷	۰,۱۶۱۳
unit_35	۱۶	-۰,۰۰۴۱	۰,۱۱۰۹	۰,۱۱۵۰
unit_18	۱۷	-۰,۰۱۱۵	۰,۲۴۲۹	۰,۲۵۴۵
unit_17	۱۸	-۰,۰۱۸۳	۰,۲۳۸۸	۰,۲۵۷۱
unit_7	۱۹	-۰,۰۴۲۷	۰,۰۹۷۸	۰,۱۴۰۶
unit_20	۲۰	-۰,۰۵۲۹	۰,۱۱۶۰	۰,۱۶۸۹
unit_13	۲۱	-۰,۰۷۸۴	۰,۱۰۴۵	۰,۱۸۳۰
unit_16	۲۲	-۰,۱۰۷۰	۰,۰۸۸۶	۰,۱۹۵۶
unit_6	۲۳	-۰,۱۱۲۰	۰,۰۶۳۳	۰,۱۷۵۳
unit_2	۲۴	-۰,۱۲۵۵	۰,۰۶۶۶	۰,۱۹۲۱
unit_3	۲۵	-۰,۱۲۵۵	۰,۰۶۶۶	۰,۱۹۲۱
unit_8	۲۶	-۰,۱۲۷۱	۰,۲۰۵۷	۰,۳۳۲۷
unit_4	۲۷	-۰,۱۲۸۷	۰,۰۶۲۷	۰,۱۹۱۴
unit_14	۲۸	-۰,۱۳۶۷	۰,۰۵۰۷	۰,۱۸۷۳
unit_12	۲۹	-۰,۱۳۸۹	۰,۲۰۲۳	۰,۳۴۱۲
unit_11	۳۰	-۰,۱۳۹۹	۰,۰۵۶۸	۰,۱۹۶۷
unit_9	۳۱	-۰,۱۵۷۷	۰,۰۴۶۳	۰,۲۰۴۰
unit_10	۳۲	-۰,۱۵۷۷	۰,۰۴۶۳	۰,۲۰۴۰
unit_1	۳۳	-۰,۱۵۸۵	۰,۰۴۶۷	۰,۲۰۵۱
unit_15	۳۴	-۰,۱۶۱۲	۰,۰۴۷۴	۰,۲۰۸۷
unit_19	۳۵	-۰,۲۸۶۶	۰,۰۶۷۶	۰,۳۵۴۲

همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است، محور قرمزرنگ محور تصمیم‌گیری بوده و بنابراین واحدهای مکانی ۸، ۷ و ۱۲ نسبت به واحدهای دیگر، به معیار تصمیم‌گیری و جریان خالص (اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی) نزدیک‌ترند و بنابراین، در اولویت‌های ابتدایی برای دفن پسماند قرار گرفته‌اند. همین مطالب از جدول ۶ نیز مشخص است، چرا که جریان خالص (Phi) واحدهای مکانی ۸، ۷ و ۱۲بیشتر بوده و در اولویت‌های ابتدایی جهت دفن پسماندهای شهر زاهدان قرار دارند.



شکل ۳. روش GAIA برای شهر زاهدان



شکل ۴. روش GAIA برای شهر نصرت‌آباد

همان‌طور که در شکل ۴ نیز مشخص است، محور قرمزرنگ محور تصمیم‌گیری بوده و بنابراین واحدهای مکانی ۲۸، ۲۷ و ۲۹ نسبت به واحدهای دیگر، به معیار تصمیم‌گیری و جریان خالص نزدیک‌ترند و بنابراین، در اولویت‌های ابتدایی برای دفن پسماند شهر نصرت‌آباد قرار می‌گیرند. همین مطالب از جدول ۷ نیز مشخص است، چرا که جریان خالص (Phi) واحدهای مکانی ۲۸، ۲۷ و ۲۹ بیشتر بوده و در اولویت‌های ابتدایی جهت دفن پسماندهای شهر نصرت‌آباد قرار می‌گیرند.

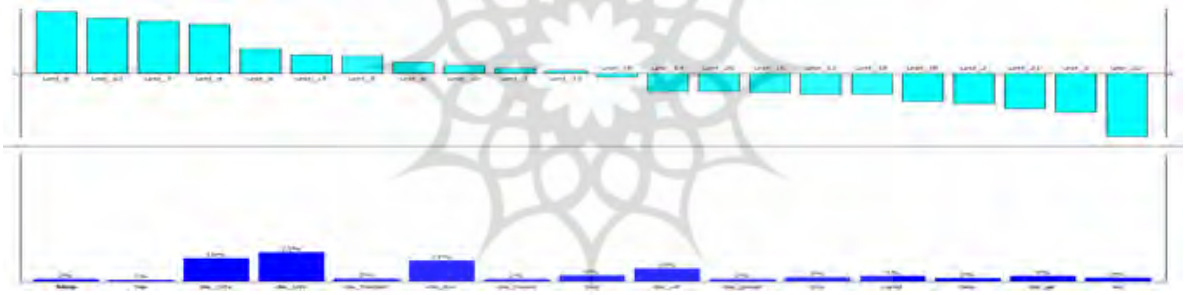
از آنجا که رتبه‌بندی پرومته تا حد زیادی توسط وزن اختصاص‌داده‌شده به معیارها صورت می‌گیرد. گاهی تصمیم‌گیرنده ممکن است نسبت به وزن یک معیار تردید داشته باشد، آنالیز حساسیت اجازهٔ بررسی بیشتر را به او خواهد داد. با تغییر وزن نتیجه را می‌توان مجدد بررسی کرد. بنابراین، پس از تعیین رتبهٔ مربوط به هر گزینه، با تحلیل حساسیت می‌توان میزان مقبولیت نتایج را تعیین کرد [۴۱].

پس از رتبه‌بندی گزینه‌ها، نرم‌افزار ویژوال پرومته قابلیت آنالیز وزن معیارها را دارد. شکل‌های ۵ و ۶ حالت رتبه‌بندی کنونی واحدهای مکانی برحسب وزن‌های به‌دست‌آمده از روش ANP برای شهر زاهدان و نصرت‌آباد است. در بخش بالایی شکل، نموداری است که رتبه‌بندی کامل واحدهای مکانی را نشان می‌دهد. در بخش پایینی شکل، نمودار وزن معیارها ارزیابی برحسب درصد است. به منظور انجام آنالیز حساسیت در حالت‌های مختلف وزن معیارهای ارزیابی تغییر داده شده است.

جدول ۸. تغییرات وزن معیارهای ارزیابی به منظور انجام تحلیل حساسیت (برحسب درصد)

	شیب	ارتفاع	فاصله از شهر	فاصله از آب زیرزمینی	فاصله از معدن	فاصله از آب سطحی	فاصله از جاده	بافت خاک	فاصله از روستا	فاصله از گسل	فرسایش	کاربری اراضی	زمین‌شناسی	فاصله از فرودگاه	جهت
ANP	۲	۱	۱۹	۲۳	۲	۱۷	۲	۵	۱۰	۲	۳	۴	۲	۳	۴
حالت ۱	۴	۳	۱۷	۲۰	۲	۱۵	۲	۶	۸	۲	۴	۴	۳	۳	۶
حالت ۲	۲	۱	۱۷	۲۰	۴	۱۵	۴	۵	۸	۴	۳	۵	۲	۵	۴
حالت ۳	۲	۱	۲۱	۱۹	۴	۱۴	۵	۳	۱۲	۲	۳	۳	۲	۵	۳

در تمامی حالت‌ها، با تغییرات وزن، رتبه‌بندی واحدهای مکانی به صورت جزئی تغییر کرده و به‌ندرت در بعضی موارد اولویت آن‌ها تغییر کرده است. این نتایج، نشان از پایداری مدل به‌کاررفته دارد.



شکل ۵. رتبه‌بندی واحدهای مکانی برحسب وزن‌های به‌دست‌آمده از روش ANP برای شهر زاهدان

شکل ۶. رتبه‌بندی واحدهای مکانی برحسب وزن‌های به‌دست‌آمده از روش ANP برای شهر نصرت‌آباد

در مرحلهٔ پایانی، برای آگاهی از میزان تأثیرگذاری هر یک از معیارهای ارزیابی به‌کارگرفته‌شده در مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان، تحلیل حساسیت مدل تصحیح‌شده انجام گرفته است. برای انجام این کار از روش تحلیل حساسیت تک‌پارامتری استفاده شد. روش تحلیل حساسیت تک‌پارامتری، اثر هر یک از معیارهای ارزیابی روی پهنه‌بندی محل دفن پسماند را مورد بررسی قرار می‌دهد. این تحلیل حساسیت برای مقایسهٔ وزن واقعی هر یک از معیارهای ارزیابی با وزن تئوریک در مدل تحلیلی انجام می‌شود که نتایج در جدول ۹ آمده است.

ردیف	معیار ارزیابی	وزن نظری	وزن مؤثر درصد			
			Min	Max	Mean	.Std.Dev
۱	فاصله از آب‌های زیرزمینی	۱۷/۱۱	۰/۰۰۱	۳۹/۸۲	۱۶/۲۳	۵/۴۱
۲	فاصله از شهر	۱۳/۵۸	۰/۰۰	۲۷/۵۴	۱۴/۴۵	۵/۱۷
۳	فاصله از گسل	۱۳/۰۵	۰/۰۰	۲۶/۳۲	۱۲/۴۲	۴/۲۹
۴	فاصله از آب‌های سطحی	۱۲/۱	۰/۰۰	۲۵/۹۰	۱۲/۱۱	۴/۰۳
۵	فاصله از روستا	۷/۵۹	۰/۰۰۱	۱۵/۶۲	۷/۳۴	۳/۲۵
۶	باد	۶/۱۶	۰/۰۰۲	۱۴/۱۵	۵/۲۳	۳/۰۵
۷	پوشش گیاهی	۴/۵۶	۰/۰۰۱	۱۱/۱۱	۴/۴۶	۲/۵۱
۸	بارش	۴/۲	۰/۰۰	۱۱/۴۶	۳/۳۱	۱/۷۴
۹	خاک	۳/۵۵	۰/۰۰	۱۰/۷۳	۳/۴۶	۱/۶۲
۱۰	کاربری اراضی	۳/۲۶	۰/۰۰	۱۰/۰۹	۳/۱۳	۱/۲۲
۱۱	فاصله از فرودگاه	۳/۱۶	۰/۰۰	۹/۸۵	۳/۷۶	۱/۸۴
۱۲	فاصله از معدن	۲/۳۹	۰/۰۰	۸/۱۷	۲/۰۱	۰/۷۰
۱۳	فاصله از جاده	۲/۱۷	۰/۰۰	۸/۵۴	۲/۲۹	۰/۸۱
۱۴	فرسایش	۱/۸۱	۰/۰۰	۷/۷۴	۲/۶۱	۰/۹۲
۱۵	جهت	۱/۷۳	۰/۰۰	۷/۹۸	۲/۴۶	۰/۸۷
۱۶	زمین‌شناسی	۱/۴۳	۰/۰۰	۶/۳۲	۲/۱۵	۰/۷۴
۱۷	شیب	۱/۳	۰/۰۰	۵/۴۳	۱/۵۲	۰/۴۱
۱۸	ارتفاع	۰/۷۹	۰/۰۰	۵/۱۷	۱/۰۶	۰/۳۷

اساس روش تک‌پارامتری حذف تک‌تک پارامترها و بررسی نتایج است. پس از حذف معیار فاصله از آب‌های زیرزمینی، بیشترین حساسیت در مدل ایجاد شد، زیرا این لایه بالاترین شاخص تغییر (۱۶/۲۳) دارد. همچنین، نقشهٔ پتانسیل محل دفن پسماند به معیارهای ارزیابی فاصله از شهر، فاصله از گسل و فاصله از آب‌های سطحی حساس است (با میانگین تغییرات به‌ترتیب ۱۴/۴۵، ۱۲/۴۲ و ۱۲/۱۱). این تغییرات، ممکن است به دلیل وزن نظری بالای همهٔ این پارامترها باشد. حذف بقیه معیارهای ارزیابی نیز منجر به تغییرات مقدار حساسیت در منطقهٔ مورد مطالعه شده است، که نشان‌دهندهٔ اهمیت هر یک از معیارهای در انتخاب مکان مناسب دفن جهت شهرستان زاهدان است.

بحث و نتیجه‌گیری

توسعه و ایجاد مکان دفن پسماندهای شهری با توجه به گسترش روزافزون جمعیت و توسعهٔ انسان‌ها و نیاز به ایجاد تعادل اجتماعی، اقتصادی و حفظ تعادل اکولوژیک امری مهم و حیاتی به شمار می‌آید. برای رعایت اصول توسعهٔ پایدار، داشتن نگاه آینده‌نگرانهٔ توسعه، همسو با رعایت اصول اکولوژیک، در برنامه‌های توسعهٔ مکان‌های دفن پسماند از جمله مهم‌ترین عوامل است. مطالعات نشان می‌دهد مکان دفن فعلی شهرستان زاهدان طی سال‌های گذشته و فقط به دلیل دور بودن از شهر، بدون انجام مطالعات و ارزیابی زیست‌محیطی جهت تلنبار و دفن غیر بهداشتی پسماند انتخاب شده است. و در حال حاضر به دلیل جمعیت در حال رشد، مهاجرت و شرایط خاص اقلیمی، تولید سرانهٔ پسماند به طرز چشمگیری در شهرستان زاهدان از ظرفیت فعلی محل دفن فراتر رفته، بنابراین شناسایی مناطق مناسب برای دفن پسماند در منطقهٔ مورد مطالعه حائز اهمیت است. که انتخاب مکان مناسب برای دفن بهداشتی پسماند در شهرستان زاهدان (شامل دو شهر زاهدان و نصرت‌آباد) با توجه به جنبه‌های اقتصادی - اجتماعی و زیست‌محیطی و با در نظر گرفتن استانداردهای مختلف از جمله استانداردهای مربوط به سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت کشور و استانداردهای جهانی و همچنین، با مرور منابع و مطالعات انجام‌شده در خصوص مکان‌یابی دفن پسماند در داخل و خارج از کشور و نیز با بررسی شرایط منطقه و عوامل تأثیرگذار با طراحی پرسشنامه به روش دلفی، ۱۸ زیرمعیار تعیین شد. سپس، از نقشه‌های منطقه لایه‌های اطلاعاتی رقومی ایجاد و وارد GIS شد، GIS ابزاری بسیار قدرتمند است که می‌تواند ارزیابی سریع از منطق مورد مطالعه برای تعیین مکان مناسب دفن ارائه دهد. این لایه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌روزشده و با اتخاذ روش‌های مناسب مبتنی بر منطق فازی و بولین، انجام وزن‌دهی در نرم‌افزارهای مناسب با ایجاد تغییرات مورد نظر روی لایه‌های اطلاعاتی و با در نظر گرفتن حداقل مساحت مکان‌های مناسب برای دفن پسماند تهیه شد. گفتنی است هر یک از مراحل یادشده دارای تأثیر مهمی در نتیجهٔ نهایی است [۴۲]. در این مقاله پس از شناسایی مکان‌های مناسب برای دفن پسماندها از روش ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS، در راستای توزیع فضایی مکان‌های مناسب دفن شهرستان زاهدان، مناسب‌ترین نواحی برای مکان‌یابی دفن پسماند در منطقهٔ جنوب و جنوب شرق شهرستان زاهدان مشخص شد. با توجه به ۵ کلاس طبقه‌بندی، بیشترین سطح منطقه را طبقهٔ فاقد توان (۹۹/۷۶ درصد) و مناطق مناسب برای دفن پسماند در مجموع، حدود ۰/۲۳۱ درصد را به خود اختصاص داده است (جدول ۳). در منطقه دارای توان، ۲۲ واحد جهت شهر زاهدان و ۳۵ واحد برای شهر نصرت‌آباد برای کاربری دفن پسماندها مناسب تشخیص داده شد (شکل ۲). برای اولویت‌بندی مکان‌های شناسایی‌شده در نهایت در محیط نرم‌افزار ویژوال، با روش (PROMETHEE) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) که هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌هاست، مکان‌های پیشنهادی دفن پسماند شهری، برای شهرستان زاهدان (شهر زاهدان و شهر نصرت‌آباد) انتخاب شدند. که در محدودهٔ شهر زاهدان واحدهای شمارهٔ ۷، ۸ و ۱۲ بهترین ویژگی را به منظور محل پیشنهادی دفن پسماند دارد (جدول ۶). در اطراف شهر نصرت‌آباد نیز واحدهای شمارهٔ ۲۸، ۲۷ و ۲۹ به عنوان بهترین مناطق پیشنهادی برای دفن پسماند معرفی شده‌اند (جدول ۷). در این تحقیق با تحلیل آماری جمعیت طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ میزان رشد جمعیت مشخص شد. جمعیت شهرستان زاهدان با میزان رشد ۰/۶۱ درصدی در سال ۱۴۰۰، به رقم ۶۱۱۳۷۴ نفری در سال ۱۴۲۰ خواهد رسید و به تبع آن، میزان تولید پسماند نیز افزایش خواهد یافت. میزان تولید پسماند برای هر نفر ۶۱۳ گرم در روز است. در حال حاضر، حدود ۳۷۵ تن در روز پسماند تولید می‌شود. با توجه به برآورد جمعیت در سال ۱۴۲۰ و تغییر سبک زندگی در آینده، پیش‌بینی می‌شود در ۲۰ سال آینده ۲۷۳۷۵۰۰ تن پسماند شهری تولید خواهد شد. طبق محاسبات با احتساب محل

دفن و فضای زیربنایی مورد نیاز، بر اساس مقدار پسماند تولیدی در ۲۰ سال آینده، به حدود ۹۰ هکتار زمین نیاز است. از طرفی، طبق نتایج این مطالعه تقریباً ۷,۱۰۷ هکتار زمین مناسب با توان خیلی زیاد و توان زیاد برای دفن پسماندهای شهری شهرستان زاهدان شناسایی شده است که نشان می‌دهد حتی برای بیشتر از ۲۰ سال آینده پاسخ‌گوی نیاز شهروندان زاهدانی خواهد بود. در پایان، برای آگاهی از میزان تأثیرگذاری هر یک از معیارهای ارزیابی به‌کارگرفته‌شده در مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان زاهدان، تحلیل حساسیت مدل تصحیح‌شده انجام گرفته است. آنالیز حساسیت به دو دلیل انجام شد. اول به دلیل ماهیت پروسه روش‌های MCDM که دارای سطحی از عدم قطعیت در پارامترهای مختلف مدل است، دوم اینکه آنالیز حساسیت اجازهٔ بررسی بیشتر روی داده‌های، مدل و غیره را می‌دهد. تحلیل حساسیت به چگونگی تغییر در خروجی‌ها نسبت به تغییر در ورودی‌ها می‌پردازد. اگر تغییرات نتوانند به صورت قابل توجهی روی خروجی‌ها تأثیر بگذارند، گفته می‌شود که رتبه‌بندی مورد نظر دارای استحکام است، که نتایج استخراجی این مقاله از روش GAIA(شکل‌های ۳ و ۴) و روش تک‌پارامتری (جدول ۹) نشان می‌دهد رتبه‌بندی این مقاله دارای استحکام است، زیرا با تغییر وزن معیارهای ارزیابی رتبه‌بندی واحدهای مکانی تغییر نکرده است. با توجه به یافته‌های مقاله و با معرفی مکان‌های پیشنهادی جدید، قوت این مقاله تصمیم‌گیری مدیران شهری در تحقق برنامه‌ریزی‌های کلان‌شهری برای شهرستان زاهدان است. از قوت‌های استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، جهت مکان‌یابی دفن پسماندها، فراهم کردن امکان استفاده از یک مجموعه ابزار قوی تعاملی برای تنظیم جبران‌پذیری و جبران کردن بین معیارهاست، که اجازهٔ ارزیابی سریع روابط بین معیارها را می‌دهد. در کنار روش اولویت‌بندی فازی، روش پرومته با ارائهٔ توابع ترجیحی متنوع، فرصت دستیابی به تعریف واقعی‌تر از معیارهای تصمیم را فراهم کرده است. این ویژگی‌ها باعث شد تا ترکیب این دو روش قابلیت زیادی برای حل مسئلهٔ ارزیابی و اولویت‌بندی را نشان دهد. البته، استفاده از منابع مختلف داده‌ای و بهره‌گیری هم‌زمان از معیارهای کمی و کیفی، می‌تواند به تقویت چارچوب پیشنهادی کمک کند. سرانجام، استفاده از چارچوب پیشنهادی این مقاله برای حل سایر مسائل چندمعیاره پیشنهاد می‌شود.

پیشنهادها

- پیشنهاد می‌شود، با توجه به نامناسب بودن مکان دفن فعلی پسماندهای شهری زاهدان، شهرداری با استفاده از نتایج این مقاله نسبت به جابه‌جایی آن اقدام کند.
- پیشنهاد می‌شود، با توجه به محدوده‌های انتخابی دفن پسماندهای شهری نصرت‌آباد، در این شهر سایت جدید راه‌اندازی شود.
- پیشنهاد می‌شود، با توجه به دپو و تلنبار پسماندها و یا احتمالاً دفن در مکان‌های نامناسب در بیشتر شهرهای استان، مدیران و مسئولان باید تدابیری اتخاذ کنند که همهٔ شهرها نسبت به بررسی مکان دفن فعلی اقدام و در صورت نامناسب بودن، نسبت به جابه‌جایی مکان به محلی که اثرات زیست‌محیطی نداشته باشد، اقدام کنند.
- پیشنهاد می‌شود، با توجه به نتایج این مقاله، برای مکان‌یابی دفن پسماندها علاوه بر تجربهٔ مدیران، معیارهای با تعداد مناسب و نظر کارشناسان مطلع انتخاب و ارزیابی شود.
- پیشنهاد می‌شود، برای برنامه‌های آینده از تدابیر مدیریتی در راستای کاهش تولید، تفکیک و بازیافت استفاده شود تا به مکان دفن کمتری نیاز شود.
- پیشنهاد می‌شود که از روش به‌کاررفته در این مقاله در استان و سایر نقاط کشور جهت مکان‌یابی دفن پسماندها به منظور جلوگیری از گسترش آلودگی‌های ناشی از دفن غیر اصولی پسماندها، استفاده شود.
- پیشنهاد می‌شود که در مطالعات مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری، از رویکرد توأمان «منطق فازی» و «منطق بولین» برای استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی (معیارها) استفاده شود و نه تنها لایه‌های عامل، بلکه لایه‌های محدودیت‌ها نیز لحاظ شوند.
- پیشنهاد می‌شود که در مطالعات مکان‌یابی محل دفن پسماند، از مدل «تحلیل شبکه‌ای» به جای مدل «تحلیل سلسله‌مراتبی» استفاده شود.
- پیشنهاد می‌شود تا علاوه بر دفن، تمرکز بیشتری بر اصول بازیافت، کاهش تولید پسماندها، استفادهٔ مجدد، صورت گیرد.
- پیشنهاد می‌شود تا بر استراتژی‌های استفادهٔ بهینه از پسماندهای شهری، نظیر کمپوست خانگی، بیوکمپوست، ورمی کمپوست و استحصال انرژی، تمرکز بیشتری صورت گیرد.

مشارکت نویسندگان

سهم نویسندگان: خدیجه صفری (نویسنده اصلی)، نگارنده مقدمه/ پژوهشگر اصلی/ نگارنده نتایج و بحث (۶۰ درصد)؛ سید علی جوزی (نویسنده دوم)، نگارنده روش شناسی/ پژوهشگر اصلی/ تحلیلگر آماری (۳۰ درصد)؛ سحر رضایان(نویسنده سوم)، نگارنده روش شناسی/ پژوهشگر اصلی/ ویراستار نهایی (۱۰ درصد).

تشکر و قدردانی

به این وسیله نویسندگان مقاله از کلیهٔ همکاران شهرداری زاهدان و سازمان مدیریت پسماند زاهدان و همچنین، از همکاران حوزهٔ معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران، مراتب سپاس و تشکر را دارند. این مقاله منتج از رسالهٔ دکتری تخصصی مدیریت محیط زیست است و دارای کد اخلاق به شناسهٔ اخلاق IR.IAU.TNB.REC.۱۴۰۰,۰۵۰ است.

تعارض منافع

این مقاله فاقد تعارض منافع است.

منابع

[1] Tahmoorian F, Khabbaz H. Performance comparison of a MSW settlement prediction model in Tehran landfill. Journal of Environmental Management 2019 November; 254(4):109809.

[2] Mareschal B, Brans J P. Geometrical Representations for MCDA. The GAIA Module. European Journal of Operational Research 2019 February; 34(1): 69–77.

[3] Yildirim V, Memisoglu T and Bediroglu S and Colak H E. Municipal solid waste landfill site selection using multi-criteria decision making and Gis (case study of Bursa Province). Journal of Environmental Engineering & Landscape Management 2018 Jun; 26 (2): 107–119.

[4] Cheng C, Thompson R G. Application of Boolean logic and GIs for determining suitable locations for temporary disaster waste management sites. International Journal of Disaster Risk Reduction 2017 December; 20(1): 78-92.

[5] Mallick J. Municipal Solid Waste Landfill Site Selection Based on Fuzzy-AHP and Geoinformation Techniques in Asir Region Saudi Arabia. Journal of Sustainability 2021 February; 13(3): 1538.

[6] Kamdara I, Ali SH, Bennuic A, Techato K and Jutidamrongphan W. Municipal solid waste landfill siting using an integrated GIS-AHP approach (A case study from Songkhla, Thailand) Journal of Resources, Conservation & Recycling 2019 october; 149(10): 220–235.

[7] Ajibade F O, Olajire O O, Ajibade T F, Nwogwu N A, Lasisi K H, Alo A B, etal. Combining multicriteria decision analysis with GIS for suitably siting landfills in a Nigerian State. Journal of Environmental and Sustainability Indicators 2019 December; 3(4): 100010.

[8] Karimi H, Herki B, Gardi S Q, Galalizadeh S, Hossini H, Mirzaei K, etal. Site selection and environmental risks assessment of medical solid waste landfill for the City of Kermanshah-Iran. International Journal of Environmental Health Research 2020 Mar;32(1): 155-167

[9] Pasalari H, Nabizadeh Nodehi R, Mahvi A H, Yaghmaeian K, Charrahi Z. Landfill site selection using a hybrid system of AHP-

8(15): 229 – 215. [In Persian].
[28] Bahrani S, Ebadi T, Ehsani H, Yousefi H and Maknoon R. Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS, case study: Shabestar, Iran. Environmental Earth Sciences 2016; 75(4): 1–14.
[29] Govind Kharat M, Jaisingh Kamble Sh, Raut R D, Kamble S S. Identification and evaluation of landfill site selection criteria using a hybrid Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP and DEMATEL based approach, Model. Earth Syst. Environ 2016; 2(98).
[30] Mirzaei M, Salman Mahini A, Mirkarimi S H. Investigation of location for landfill using hierarchical analysis process and TOPSIS method (Case study: Golpayegan city). Journal of Natural Environment 2014; 67(1): 119 – 105. [In Persian]
[31] Maleki S, Akbari Mehr R. Investigation of location for Municipal Waste Landfill Using ANP-DEMATEL combined Analysis in GIS Environment (Case Study of Boyerahmad County). Geography and Environmental Studies 2018; 7(25). [In Persian]
[32] Khosravi Y, Ashjaei H. Investigation of location for Qazvin municipal waste landfill using AHP method in ArcGIS software. Man and environment 2018 Winter; 15(4): 63-51. [In Persian]
[33] Seidaei S E, Hosseinzadeh Sourshajani N. Optimal investigation of location for landfill using Geographic Information System (GIS) and hierarchical analysis process, Case study (Miankuh section of Ardal city). Environmental Risk Management 2017; 4(2): 174 – 157. [In Persian]
[34]Majumdar A, Hazra T and Dutta A. Landfill Site Selection by AHP Based Multi-criteria Decision Making Tool (A Case Study in Kolkata, India). Journal of The Institution of Engineers 2017; A98(3): 277-283.
[35] Yousefi H, Javadzade Z, Nooroalahi Y and Yousefi-Shahbazi A. Landfill Site Selection Using a Multi-Criteria Decision-Making Method (A Case Study of the Salafcheghan Special Economic Zone 2018; 10(4)
[36] Kahvand M, Gheitarani N, Khanian M and Ghadarjani R. Urban Solid WasteLandfill Selection by Sdss (Case Study: Hamadan). Environmt Protection Engineering 2015; 41(2): 47– 55.
[37] Ni-Bin Chang. G. Parvathinathan, Jeff B. Breeden. 2015. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, Journal of Environmental Management. 6(3):139–153.
[38] Jiao Sh, Zhang X, Xu Y. A review of Chinese land suitability assessment from the rainfall-waterlogging perspective: Evidence from the Su Yu Yuan area. Journal of Cleaner Production 2017; 144(4): 100-106.
[39] Vosoogh A, Baghvand A, Karbassi A and Nasrabadi T. Landfill Site Selection Using Pollution Potential Zoning of Aquifers by Modified DRASTIC Method (Case Study in Northeast Iran). 2017; 41(2): 229-239.
[40] Bani Asadi R, Ahmadizadeh S R, Etebari B abd Qomi Motazeh A. Investigation of location for municipal waste disposal with emphasis on environmental and economic criteria in the northern regions of Iran, Astara city. Quarterly Journal of Environmental Science and Technology 2017; 19(5): 415 – 405. [In Persian]
[41] Ranjbar A, Torabi SA and Hakimpur F. Location urban waste landfill based on the Analytic Hierarchy and promethee V with programmable zero & one (Case study: Tabriz city). Journal of geomatics science and technology 2014; 4(2): 21730. [In Persian].
[42] Ariani H, Babaei S, Saffari M and Monavari M. Assessing the land capability to identify suitable areas for tourism development using the ANP network analysis process. Remote sensing and GIS in natural resources 2017; 7 (4): 5-22. [In Persian]
Fuzzy in GIS environment (A case study in Shiraz city, Iran). Journal of MethodsX 2019 Jun; 6(1): 1454–1466.
[10] Statistical Yearbook of Sistan and Baluchestan Province.
[11] Pendashteh A, Ghavidel A. Proposing waste management methods in rural areas of Guilan province. Journal of Environmental Science and Technology 2015; 17 (1): 115-123. [In Persian]
[12] Amiri W, Suri Salman, Hassanvand. Environmental examination of Khorramabad waste landfill as well as optimal landfill location using an integrated method of hierarchical analysis and GIS. Journal of Geotechnical Geology 2014; 10 (1): 15-23. [In Persian]
[13] Groc M. Routes, Requestes, Bids, and Citations. GIS in solid Waste Services googel. net 2004.
[14] Aliani H, BabaieKafaky S, Saffari A, Monavari SM. Land evaluation for ecotourism development—an integrated approach based on FUZZY, WLC, and ANP methods. Int J Environ Sci Technol 2017; 14(9): 1999-2008.
[15] Saaty T L, Vargas L G. Decision Making with the Analytic Network Process, Springer, Pittsburgh, USA 2017; 108–109.
[16] Sener S, Sener E, Karagüzel R S. olid Waste Disposal Site Selection with GIS and AHP Methodology (A Case Study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey). Journal of Environmental Monitoring Assessment 2010; 10: 1010-1023.
[17] Amiri M, Nikzad V, Mo'rab Y and Foroughi N. Investigation of location for waste landfill using fuzzy logic in GIS and fuzzy hierarchical analysis model (Case study Minoodasht city). Journal of Environmental Science and Technology 2014; 16 (Special Issue 1): 485-501. [In Persian]
[18] Soroudi M. Land suitability assessment of Tehran Provience for landfill sitting. ISLAMIC AZAD UNIVERSITY SCIENCE AND RESEARCH BRAC 2018.
[19] Jahromi H, Hosseinzadeh Asl H. Investigation of location for waste landfill in Bandar Abbas using Hierarchical Analysis Model. Journal of Human and Environment 2012; 10(1): 76-65. [In Persian]
[20] Eastman J, Ridrisi A. Guide to GIS and image processing. Clark labs, Clark University 2006; 327 pp.
[21] Abdullah L, Chan W and Afshari A. Application of PROMETHEE method for green supplier selection: a comparative result based on preference functions. Journal of Industrial Engineering International 2019;15: 271–285.
[22] Brans J P. Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE. In R. Nadeau and M. Landry, " editors, L'aide à la decision. Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir 1982; :183–213.
[23] Beskese A, Demir H H, Ozcan H K and Okten H E. Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. Journal of Environmental Earth Sciences 2015; 73(7), 3513-3521.
[24] Eskandari M, Homaee M, Mahmoodi S, Pazira E and Van Genuchten MT. Optimizing landfill site selection by using land classification maps. Journal of Environmental Science and Pollution Research 2015; 22(10): 7754–7765.
[25] Abd-El Monsef H. Optimization of municipal landfill siting in the Red Sea coastal desert using geographic information system, remote sensing and an analytical hierarchy process. Journal of Environ Earth Sci 2015; 74(3): 2283–2296.
[26] Jamshidi Zanjani A, Rezaei M. Landfill site selection using combination of fuzzy logic and multi-attribute decision-making approach. Journal of Environmental Earth Sciences 2017; 76(448)
[27] Aqsaei H, Souri, B. Investigation of location for municipal waste landfill using spatial information techniques Case study: Sanandaj. Bi-Quarterly Journal of Environmental Research 2017;