Journal of Research in Environmental Health
Volume 10, Issue 2, Summer 2024

Assessment of the Spatial Suitability of Urban Waste Disposal Sites Using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision-Making Models: A Case Study of Akhtarabad, Malard

Abbas Zanganeh Bahramvand
Msc, Department in Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University,Tehran, Iran
Shahram Bikpour
* Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author)
sh.baikpour@srbiau.ac.ir
Seyed Masoud Monavari
Professor of Environment Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 2024/02/20
Accepted: 2024/08/20
Doi:10.22038/jreh.2024.81192.1675

Abstract

Background and Purpose: Unscientific and unhygienic urban waste disposal practices can trigger significant environmental, health, and safety crises within a region. Therefore, it is crucial to assess the spatial suitability of landfill sites to mitigate these risks. This study aims to evaluate the current waste disposal site in Akhtarabad, Malard, aligning its suitability with both national and international standards.

Materials and Methods: This research adopts a descriptive-analytical methodology, utilizing a survey-based approach. The factors influencing spatial suitability were initially identified through various authoritative sources, including regulations from environmental organizations and the Minnesota Pollution Control Agency (MPCA) guidelines for waste disposal in the United States. The integration of these factors was conducted using the LINMAP (Linear Programming for Multidimensional Analysis of Preferences) method for multi-criteria decision-making and weighting. ArcGIS software was employed to analyze and overlay information layers. The prioritization of spatial suitability for urban waste disposal sites, along with the calculation of conformity percentages, was executed using the TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) method.

Results: The analysis revealed that among the evaluated criteria for spatial suitability, the distance from residential areas, educational and healthcare centres, urban centres, groundwater, and surface waters were the most heavily weighted. The Moran Index of 0.640034, coupled with the calculated standard score, supports the hypothesis of a clustered spatial suitability pattern with a 99% confidence level.

Conclusion: National criteria exert a more substantial influence on the evaluation of spatial suitability. The findings of this study indicate that the combination of LINMAP and TOPSIS is a reliable and effective approach for assessing the spatial suitability of urban waste disposal sites.

Keywords: Spatial Suitability, Waste Disposal Site, LINMAP, TOPSIS, Akhtarabad Malard

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy ofthis licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Citation: Zanganeh Bahramvand A, Bikpour SH, Monavari SM. Assessment of the Spatial Suitability of Urban Waste Disposal Sites Using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision-Making Models: A Case Study of Akhtarabad, Malard. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2024; 10 (2):76-93.

ارزشیابی میزان تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های تصمیم گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: اخترآباد ملارد)

عباس زنگنه بهرام‌وند
دانشجوی کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
شهرام بیک‌پور
* استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(sh.baikpour@srbiau.ac.ir)
سید مسعود منوری
استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: شیوه‌های دفن پسماند در شهرها غیراصولی و غیربهداشتی است. این امر باعث‌شده که نشانه‌های بروز یک بحران محیط‌زیستی-بهداشتی و ایمنی در منطقه بوجود آید بنابراین ضروری است مراکز دفن در جهت تناسب مکانی مورد ارزشیابی قرار گیرد. هدف از تحقیق حاضر تعیین و تطبیق محل دفن فعلی پسماند با معیارهای ملی و بین‌المللی است.

مواد و روش‌ها: روش تحقیق به‌صورت پیمایشی توصیفی و تحلیل می‌باشد. در ابتدا به شناسایی عوامل اثرگذار در تناسب مکانی با بهره‌گیری از منابع مطالعاتی ازجمله ضوابط سازمان محیط‌زیست و روش آژانس کنترل آلودگی مینه‌سوتا (MPCA) در دفن پسماندها در ایالات متحده امریکا پرداخته شد. تلفیق لایه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره لین‌مپ وزن‌دهی انجام شد. جهت تجزیه‌وتحلیل و روی‌هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. اولویت‌بندی تناسب مکانی در جهت استقرار محل دفن پسماند شهری و همچنین محاسبه درصد میزان تطابق محل‌های دفن بر پایه از روش TOPSIS استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد از بین معیارهای ارزشیابی تناسب مکانی در دفن پسماند شهری تعیین‌شده، معیار فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مراکز آموزشی، درمانی، فاصله از شهرها، فاصله از آب‌های زیرزمینی، فاصله از آب‌های سطحی، بیشترین وزن‌ها را به ترتیب بدست آورده‌اند. نتایج شاخص موران ۰/۶۴۰۰۳۴ و با توجه به امتیاز استاندارد محاسبه‌شده فرضیه خوشه‌ای بودن الگوی تناسب مکانی در سطح اطمینان ۰/۹۹ درصد تأیید شد.

نتیجه‌گیری: معیارهای ملی تاثیر بیشتری در ارزشیابی تناسب مکانی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد ترکیب لین‌مپ و تاپسیس عملکرد مناسبی در ارزشیابی تناسب مکانی دارد و قابل‌اطمینان است.

کلیدواژه‌ها: تناسب مکانی، محل دفن پسماند، LINMAP، TOPSIS، اخترآباد ملارد

استناد: زنگنه بهرام‌وند ع، بیک‌پور ش، منوری س.م. ارزشیابی میزان تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های تصمیم گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: اخترآباد ملارد). *فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۴۰۳؛ ۱۰ (۲): ۷۶-۹۳.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰
نوع مقاله: پژوهشی

مقدمه

انتخاب محل دفن یکی از جنبه‌های ضروری در مدیریت پسماند جامد پایدار است زیرا تضمین می‌کند که آیا پسماندهای تولید شده توسط یک جامعه یا منطقه به روشی سازگار با محیط زیست و ایمن دفع می‌شوند (۱). ارزشیابی یک سایت دفع پسماند فرآیند پیچیده‌ای است که شامل درک کامل طیف گسترده‌ای از موضوعات اجتماعی و زیست‌محیطی از جمله خاک‌شناسی، مهندسی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، کاربری زمین، جامعه شناسی و اقتصاد است (۲، ۳، ۴، ۵). سیستم مدیریت پسماند باید از نظر اجتماعی قابل‌قبول، از نظر اقتصادی، کاربردی و سازگار با محیط‌زیست باشد تا پایدار بماند (۶). پسماندهای جامد به‌عنوان یک نگرانی برجسته و حیاتی از اهمیت زیست‌محیطی و اجتماعی در مقیاس جهانی ظاهر شده است کشورهای در حال توسعه با درآمد محدود، نیز به‌دلیل شیوه‌های مدیریت پسماند غیراستاندارد با پیامدهای نامطلوبی مواجه شده است. هنگام تعیین دقیق محل دفن پسماند در شهر، جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی باید در نظر گرفته شود. این موارد ممکن است منجر به اختلاف و تشدید یک فرآیند چندوجهی شود (۷). افزایش جمعیت می‌تواند منجر به افزایش تراکم ترافیک، نیازهای انرژی و مصرف مصالح طبیعی شود (۸، ۹) علاوه بر این عملیات پردازش و حمل‌ونقل پسماندها، مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کند. استخراج خاک و سنگدانه‌های طبیعی به‌منظور پوشش محل دفن پسماند اثرات منفی بر محیط‌زیست دارد و همچنین بر بستر رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارد (۱۰).

یافتن محل‌های دفن پسماند مناسب یکی از اهداف اصلی دستیابی به توسعه پایدار است (۱۱). انتخاب محل مناسب دفن پسماند بر اساس عوامل مختلفی از جمله شیب زمین، جغرافیا، کاربری زمین، آب‌وهوا، زلزله و فاصله از مناطق شهری و بزرگراه‌های اصلی انجام می‌شود. درنتیجه، انتخاب سایت به‌عنوان یک موضوع تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)[1] دیده می‌شود (۱۲). پیش از این، محل‌های دفن پسماند منحصرا بر اساس دردسترس بودن زمین انتخاب می‌شدند، نه دلایل علمی‌یا اجتماعی-محیطی (۱۳). امروزه، با این‌حال، نرم‌افزار GIS می‌تواند حجم وسیعی از داده‌های مکانی را از بسیاری از منابع مدیریت کند (۱۴) بنابراین، با نظارت بر تغییرات کاربری زمین در داخل و اطراف پسماندهای خطرناک و محل‌های دفن بهداشتی، می‌توان از طریق ابزارهای سنجش از راه دور در شناسایی و مکان‌یابی چنین محل‌های دفن پسماند به داده‌هایی دست یافت (۱۵). روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) می‌توانند برای انتخاب مکان‌های دفن پسماند برای مدیریت پایدار پسماند جامد استفاده شوند. این روش‌شناسی با در نظر گرفتن اهداف متضاد مختلف بر اساس معیارهای زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فنی به دستیابی به یک راه‌حل سازش کمک می‌کند. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نظریه سودمندی چند ویژگی (MAUT)، رویه‌های برتر از رتبه، و تکنیک برای ترتیب اولویت بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS) به‌عنوان روش‌های MCDM مرتبط برای ارزشیابی سیستم‌های مدیریت پسماند جامد شناسایی شده‌اند (۱۶). روش LINMAP یک روش تصمیم‌گیری مبتنی بر نقاط ایده‌آل است که می‌تواند وزن‌ها را حل کند و همچنین با مدل برنامه‌ریزی خطی راه‌حل‌های ایده‌آل ارائه دهد. ترکیب این دو یک تصمیم‌گیری جدید ایجاد می‌کند که می‌تواند به‌طور موثر طرح تصمیم‌گیری تسهیلات عمومی‌اجتماعی را با توجه به نیازهای واقعی تصمیم‌گیرندگان ارزشیابی کند (۱۷). با ادغام داده‌ها و استفاده از تکنیک‌های هم‌پوشانی وزنی، نقشه‌های شاخص تناسب دفن پسماند را می‌توان برای طبقه‌بندی مناطق به مکان‌های مناسب و نامناسب برای مکان‌های دفن زباله تولید کرد (۱۸). این روش‌ها و ابزارها می‌توانند به تصمیم‌گیرندگان در انتخاب مکان‌های دفن زباله مناسب که مطابق با علمی، زیست‌محیطی و الزامات پایداری کمک کنند (۱۹).

هدف این تحقیق استفاده از روش‌های چندمعیاره در تعیین و ارزشیابی تناسب مکانی در محل دفن زباله در شهرستان ملارد است تا اطمینان حاصل شود که محل انتخابی بر اساس معیارهای ملی و بین‌المللی بوده و نیازهای همه

[1] Multi-Criteria Decision-Making

[2] Linear Programming Technique for Multidimensional Analysis of Preference (LINMAP)

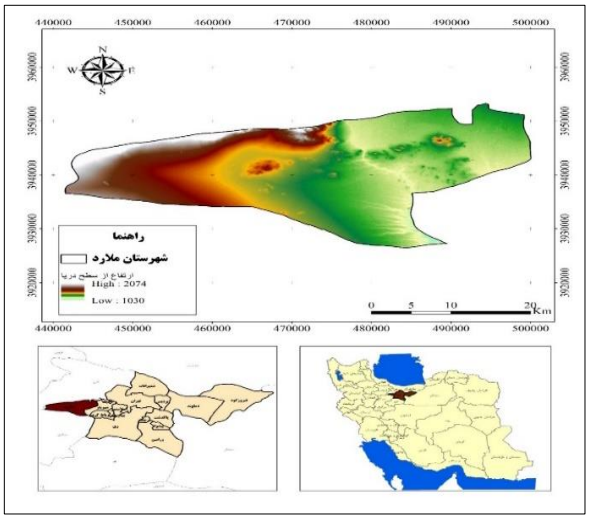
ذینفعان را برآورده می‌کند و در عین حال تاثیر منفی بر محیط‌زیست و جامعه را به حداقل می‌رساند. در این تحقیق از روش تکنیک برنامه‌ریزی خطی (LINMAP) برای وزن‌دهی در تصمیم‌گیری تناسب مکانی محل دفن پسماند استفاده شده است که شامل شناسایی پارامترهایی مانند فاصله تا آب‌های سطحی، پوشش زمین، فاصله از مناطق شهری و روستایی، فاصله تا جاده‌ها، شیب و نفوذپذیری خاک است. به‌طورکلی، این تحقیق اهمیت استفاده از یک رویکرد ارزشیابی چندمعیاره برای انتخاب محل دفن زباله را برجسته می‌کند تا اطمینان حاصل شود که مکان انتخابی چند درصد با معیارهای سازمان محیط‌زیست و ضوابط روش آژانس کنترل آلودگی مینه‌سوتا (MPCA)[3] مطابقت دارد. این پژوهش بر آن است تا کارایی مدل (LINMAP) جهت وزن‌دهی معیارها و ادغام آن با روش خطی وزن‌دار WLC[4] و روش تاپسیس را در اولویت‌بندی بهترین معیار ملی و بین‌المللی محل دفن پسماند پیشنهادی در اخترآباد ملارد را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دهد.

روش‌کار

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان ملارد با وسعت بالغ بر یک هزار کیلومتر مربع به‌عنوان یکی از شهرستان‌های استان تهران در غرب این استان واقع شده است. مرکز دفن اخترآباد در موقعیت جغرافیای ۳۵ ۳۸ ۴۱ عرض شمالی ۲۶/۹۸ ۴۵ ۵۰ طول شرقی در وسعت ۲۰۰ هکتار از اراضی ملی اخترآباد از توابع شهرستان ملارد و در خارج حریم شهری و به فاصله‌ی ۶۵۰ متری از رودخانه‌ی شور واقع شده است که موقعیت محل به‌دلیل قرارگیری در ارتفاعات و مناطق شیبدار مناسب نمی‌باشد. در محل دفن اخترآباد روزانه بیش از ۱۴۰۰ تن پسماند از شهرستان‌های شهریار، ملارد و قدس به این مرکز دفن انتقال می‌یابند. متاسفانه شیوه‌های دفن و بازیافت پسماند سه شهرستان شهریار، ملارد و قدس در اخترآباد غیراصولی و غیربهداشتی است. در شهر ملارد روزانه ۲۲۰ تن پسماند تولید می‌شود. سرانه‌ی پسماند در این شهر ۶۰۰-۷۰۰ گرم به‌ازای هر فرد بوده و حدود ۱۰٪ از سیستم جمع‌آوری پسماند به‌صورت سنتی و ۹۰٪ آن به‌صورت مکانیزه می‌باشد، پسماندهای تولیدشده در شهر ملارد به‌صورت روزانه توسط کامیون‌های مکانیزه جمع‌آوری شده و به محل دفع پسماند منتقل می‌شود.

بخش عمده این تحقیق ماهیت آزمایشی دارد. با توجه به آن‌که در این مطالعه، بررسی تناسب مکانی مدنظر است، نیاز به ارزشیابی مجموعه‌ای از گزینه‌ها بر اساس معیارهای مختلف وجود دارد. **شکل ۱** نقشه منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بدین‌ترتیب، نیاز به تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA) احساس می‌شود. جهت بررسی تناسب مکانی مرکز دفن اخترآباد ملارد از ضوابط سازمان محیط‌زیست ایران و روش آژانس کنترل آلودگی مینه‌سوتا (MPCA) انتخاب شدند.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

معیارها و استانداردهای تناسب مکانی محل دفن پسماند یکی از مهم‌ترین مراحل مطالعاتی به موازات طراحی و ارزشیابی محل دفن پسماند است. در انتخاب محل مناسب برای دفن فاکتورهای متعددی دخالت دارند که هریک از اهمیت خاصی برخوردار بوده و محدودیت‌هایی را نیز در انتخاب ایجاد می‌نمایند.

ضوابط سازمان محیط زیست

۱) محل دفن باید حداقل یک کیلومتر از آب‌های جاری فاصله داشته باشد.

۲) محل دفن نباید روی آبخوان‌هایی که منبع تأمین آب منطقه است انتخاب شود.

[3] Minnesota Pollution Control Agency
[4] Weighted Linear Method (WLC)

تبصره: محل‌های دفع نباید در فاصله کمتراز ۴۰۰ متر از هرگونه چاه آب و یا در بالادست چاه‌های آب شرب قرار داشته باشد.

۳) مراکز دفن باید از جاده اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها حداقل ۳۰۰ متر فاصله داشته باشد.

۴) انتخاب محل‌های دفن در مناطقی مانند تالاب‌ها، باتلاق‌ها، مرداب‌ها، دریاچه‌ها و برکه‌ها و موارد مشابه ممنوع است.

تبصره: محل دفن باید حداقل ۱ کیلومتر از مناطق یاد شده فاصله داشته باشد.

۵) محل دفن نباید در محل پارک‌ها و چشم اندازهای عمومی باشد.

۶) محل در داخل مناطق حفاظتی تحت پوشش سازمان قرار داشته باشد.

تبصره: محل دفع باید حداقل ۱ کیلومتر از مناطق فوق فاصله داشته باشد.

۷) زمین‌های شامل مکان‌های باستانی و تاریخی که در فهرست آثار تاریخی- ملی قرار دارند نباید به‌عنوان محل دفن انتخاب شوند و حداقل فاصله محل‌های دفن با مراکز تاریخی و باستانی باید ۳ کیلومتر باشد.

۸) محل دفن باید از املاک کشاورزی و زراعی حداقل ۵۰۰ متر فاصله داشته باشد.

۹) محل دفن باید حداقل ۵۰۰ متر از خطوط انتقال نیرو ، نفت و گاز فاصله داشته باشد.

۱۰) احداث مراکز دفن در دره‌ها و مناطقی با سنگ بستر درشت دانه و متخلخل، مخروط‌افکنه دارای پی، سنگ‌آهکی و دولومیتی کارستی، سنگ‌های انحلال‌پذیر و گنبدهای نمکی ممنوع است.

۱۱) مکان دفن نباید در مسیر و حریم گسل‌های فعال شناخته‌شده و گسل‌های پنهان قرار داشته باشد.

۱۲) از نظر بادهای غالب محل دفن نباید در بالادست مناطق جمعیتی واقع شوند.

۱۳) برای دسترسی آسان به محل دفن پسماند، جاده دسترسی با شرایط زیر در نظر گرفته شود.

الف- عرض جاده دسترسی در شهرها حداقل ۶ متر و در روستاها حداقل ۴/۵ متر.

ب- حداقل ترافیک را داشته باشد.

ج- در تمام شرایط آب‌وهوایی فصول سال قابل استفاده باشد.

ضوابط و معیارهای آژانس کنترل آلودگی مینه‌سوتا (MPCA)

عوامل شش‌گانه حذفی عبارتند از (۲۰):

۱)فاصله محل دفن از دریاچه و یا یک استخر ذخیره آب باید حداقل ۳۰۵ متر باشد .

۲)فاصله محل دفن از رودخانه و یا هر مجرای آب محلی باید ۹۲ متر باشد..

۳)محل دفن نباید سیل یا دبی دارای دوره برگشت یکصد ساله واقع گردد.

۴)محل دفن نباید در مناطق مردابی واقع شود.

۵)محل دفن نباید خطر پرندگان را برای فرودگاه محلی ایجاد کند.

۶)محل دفن در مناطقی که دارای غارهای آهکی هستند نباید واقع شود.

هفت فاکتور شرطی که اگر توسط عملیات مهندسی قابل رفع باشند از نظر محل استقرار مشکلی ایجاد نمی‌کند. که شامل موارد زیراست:

۱) محل دفن نباید در فاصله کمتر از ۳۰۵متر جاده‌های اصلی و بزرگراه‌ها، پارک‌های عمومی و منازل مسکونی واقع شود.

۲) محل دفن منابع آب مورد استفاده عموم را نباید تهدید به آلودگی کند.

۳) محل دفن در مناطق فرسایش‌پذیر و زهکشی نباید واقع گردد.

۴) محل دفن نباید مخازن آب آشامیدنی را تهدید به آلودگی کند.

۵) محل دفن نباید منابع آب‌زیر زمینی دارای شرایط زیر را تهدید به آلودگی نماید:

- منابعی که توسط چاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- منابعی که احتمالا در آینده با دبی ۴ لیتر در دقیقه مورد استفاده قرار خواهند گرفت.
- منابعی که یک لایه‌ی آبدار دیگر را در منطقه تغذیه می‌کنند.

۶) محل دفن نباید در محلی واقع شود که منابع آب‌زیرزمینی توسط یک چینه آب‌بند حفاظت قرار نگرفته است.

۷)محل دفن نباید در محلی واقع شود که نتوان منابع آب زیرزمینی را توسط روش‌های متداول مورد نمونه‌برداری و سنجش قرار داد (۲۱، ۲۲).

روش LINMAP

در این روش با استفاده از جداسازی چندبعدی، فاصله طبقه هرکدام از ماهیت‌ها در ابعاد مسئله مشخص شده و می‌توان آن‌ها را با هم مقایسه کرد. مجموعه قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرنده در خصوص مقایسه زوجی گزینه‌ها با $S = \{(kl)\}$ نشان داده شود. طبق این روش می‌توان وزن شاخص‌ها (W_j) را تعریف و تراز بهینه (x_j^*) را مشخص کرد، تعریف بردارهای (x^*) و w بر اساس اعمال مجموعه s است. تکنیک LINMAP یک روش تعاملی با تصمیم‌گیرنده بوده که با محاسبه فاصله اقلیدسی از تراز بهینه به رتبه‌بندی گزینه‌ها، می‌پردازد. این روش با استفاده از نرم‌افزار لینگو انجام شده است. از این‌روش برای به‌دست-آوردن اوزان شاخص‌ها (n) شاخص) و مشخص‌نمودن اولویت‌بندی گزینه‌ها (m) گزینه) به‌کار می‌رود. در این روش m گزینه با n شاخص، به وسیله m نقطه در فضای n بعدی نشان داده‌شده و فرض بر آن است که تصمیم-گیرنده، گزینه‌های نزدیک به ایده‌آل را در این فضا انتخاب خواهد کرد.

فاصله از ایده‌آل به‌صورت فاصله اقلیدسی وزین (d_i) برای گزینه A_i مورد توجه قرار می‌گیرد، اوزان (W_j) درجه اهمیت هر شاخص را نشان می‌دهند. مربع فاصله اقلیدسی گزینه A_i از گزینه ایده‌آل به‌صورت رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$t_i = d_i^2 = \sum_{j=1}^{n} w_j (x_{ij} - x_j^*)^2 \quad i = 12 \dots m \qquad \text{رابطه (۱)}$$

x_j^* مقدار ایده‌آل شاخص jام است. اگر مجموعه $S = \{(kl)\}$ نشان‌دهنده مقایسات زوجی گزینه A_k و گزینه A_l است، به‌طوری که گزینه A_k بر گزینه A_l ارجح است.

مجموعه s به‌طور نرمال دارای $m(m-1)/2$ عنصر خواهد بود. جواب (wx^*) برای هر زوج مرتب شده $(kl) \in S$ سازگار با مدل فاصله وزین است. اگر $t_k \le t_l$ باشد. مشخص نمودن جواب $(\mathrm{w}\, x^*)$ باید چنان باشد که تجاوز از شرط $t_k \le t_l$ که این امر با توجه به (ماتریس تصمیم‌گیری موجود و مجموعه مرتب شده) S در حداقل ممکن واقع شود.

چنانچه $t_k \le t_l$ باشد آنگاه مقدار $t_k \le t_l$ بیانگر مقدار انحرافی است که شرط مورد تخطی واقع می‌شود. ازاین‌رو به‌طور کلی تعریف رابطه (۲) را می‌توان مد نظر قرار داد:

$$(t_l \le t_k)^- = MAX\{(t_l \le t_k)\} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

بدین صورت $(t_l \le t_k)^-$ نشان‌دهنده میزان عدم تطابق برای زوج $(kl) \in S$ است. به‌طور کلی مجموع عدم تطابق کل (P) بر روی مجموعه S به‌صورت رابطه (۳) است.

$$P = \sum_{(kl)\in S} (t_l \le t_k)^- \qquad \text{رابطه (۳)}$$

P غیرمنفی است، $(t_l \le t_k)^-$ غیرمنفی است. بدین جهت برای مشخص نمودن جواب $(\mathrm{w}\, x^*)$ مقدار P باید حداقل شود. در مقابل P ارزش G (میزان تطابق کل) به‌صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$G = \sum_{(kl)\in S} (t_l \le t_k)^+ \qquad \text{رابطه (۴)}$$

همانطوری که در رابطه (۵) مشاهده می‌شود:

$$(t_l \le t_k)^+ = \begin{cases} (t_l \le t_k) & if \quad t_k \le t_l \\ 0 & if \quad t_k \le t_l \end{cases} = max\{0(t_l \le t_k)\} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

پس بنابراین باید رابطه (۶) را محاسبه نمود:

$$\begin{cases} G > P \\ \text{or} \\ G - P = h \end{cases} \qquad \text{رابطه (۶)}$$

به‌طوری‌که h یک مقدار ثابت دلخواه و مثبت است. باتوجه به تعارف فوق در رابطه (۷) خواهیم داشت:

$$(t_l \le t_k)^+ - (t_l \le t_k)^- = \begin{cases} (t_l - t_k) - 0 = (t_l - t_k) & if \quad t_k \le t_l \\ 0 - t_k \le t_l = (t_l - t_k) & if \quad t_k \le t_l \end{cases} = t_l - t_k \qquad \text{رابطه (۷)}$$

بنابراین با توجه به رابطه (۷) را می‌توان به‌صورت رابطه (۸) محاسبه کرد:

$$G - P = \sum_{(kl)\in S} (t_l - t_k) = h \qquad \text{رابطه (۸)}$$

با توجه با اینکه هدف حداقل کردن عدم تطابق است، جواب $(\mathrm{w}\, x^*)$ از حل یک مساله به‌صورت رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$min: P = \sum_{(kl)\in S} (t_l \le t_k)^- = \sum_{(kl)\in S} max\{0 t_k \le t_i)\} \qquad \text{رابطه (۹)}$$
$$st \qquad G - P \sum_{(kl)\in S} (t_l - t_k) = h$$

این مساله به مساله برنامه‌ریزی خطی رابطه (۱۰) تبدیل می‌گردد:

$$min: \sum_{(kl)\in S} a_{kl}$$

$$st\ a_{kl} \geq t_k - t_l \quad \forall (k,l)\in S \qquad \text{رابطه (۱۰)}$$
$$\sum_{(kl)\in S} (t_l - t_k) = h \qquad a_{kl} \geq 0$$

با توجه به رابطه (۱۰) خواهیم داشت:

$$t_l - t_k = \sum_{j=1}^{n} w_j \left(x_{lj} - x_j^*\right)^2 - \sum_{j=1}^{n} w_j \left(x_{kj} - x_j^*\right)^2 = \quad \text{رابطه (۱۱)}$$
$$\sum_{j=1}^{n} w_j \left(x_{lj}^2 - x_{kj}^2\right) - 2\sum_{j=1}^{n} w_j (x_{lj} - x_{kj})$$

با جایگذاری $x_{kj} - x_j^* = \mu_j$ مساله خطی رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود:

$$\boldsymbol{min}: \sum_{(kl)\in S} \boldsymbol{a_{kl}}$$
$$\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{w_j} \left(\boldsymbol{x_{lj}^2 - x_{kj}^2}\right) - \boldsymbol{2}\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{\mu_j}\left(\boldsymbol{x_{lj} - x_{kj}}\right) + \boldsymbol{a_{kl}} \geq \boldsymbol{0}\ \forall \boldsymbol{(k,l)} \in \boldsymbol{S}$$
$$\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{w_j} \sum_{(kl)\in S} \left(\boldsymbol{x_{lj}^2 - x_{kj}^2}\right) - \boldsymbol{2}\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{\mu_j} \sum_{(kl)\in S} \left(\boldsymbol{x_{lj} - x_{kj}}\right) = \boldsymbol{h} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$
$$\boldsymbol{a_{kl} \geq 0\ w_j \geq 0\ \mu_j: free}$$

با حل مساله (۱۲) بردار وزن شاخص‌های تناسب مکانی(w) وگزینه ایده‌آل (x^*) به‌دست آمده و براساس مقادیر w_j و x_j^* فاصله اقلیدسی گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل (t_i) محاسبه شدند. گزینه‌ای که به راه‌حل ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، گزینه برتر است. گزینه برتر گزینه‌ای است که t_i آن کوچک‌تر باشد. در روش لین‌مپ مجموعه $S = \{(kl)\}$ شامل زوج مرتب‌های (kl)، به‌گونه‌ای که گزینه k بر گزینه L ارجح باشد، مشخص می‌شود. برای محاسبه مجموعه S از روابط زیر استفاده شده است. مجموعه C_{kl} معیارهایی هستند که در مقایسه دو گزینه K و L، گزینه K بر L ارجحیت دارد.

مجموعه C_{lk} معیارهای است که گزینه L بر K ارجحیت دارد، مطابق رابطه (۳-۱۳) محاسبه می‌گردند.

$$C_{KL} = \begin{bmatrix} j/x_{kj} > x_{Lj}\ \forall j \in j^+ \\ j\ /\ x_{kj} < x_{Lj}\ \forall j \in j^- \end{bmatrix}$$
$$C_{Lk} = \begin{bmatrix} j/x_{Lj} > x_{Kj}\ \forall j \in j^+ \\ j\ /\ x_{Lj} < x_{Kj}\ \forall j \in j^- \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

وقتی که کلیه شاخص‌های مورد ارزشیابی در یک مسئله مفروض از مطلوبیت یکنواخت پیروی کنند یعنی هر چه مقدار x_{ij} بیشتر، مطلوبیت بیشتر خواهد بود. با استفاده از مجموعه C_{kl} و C_{lk}، W_{kl} و W_{lk} را به شکل رابطه (۳-۱۴) محاسبه می‌شود.

$$C_{KL} = \left[\sum_{j\in C_{kL}} W_j\right] \quad \text{رابطه (۱۴)}$$
$$C_{LK} = \left[\sum_{j\in C_{LK}} W_j\right]$$

مقادیر W_{kl} و W_{lk} مقایسه شده و مجموعه S به‌صورت رابطه (۱۵) تشکیل می‌گردد. به عبارت دیگر اگر $W_{lk} \leq W_{kl}$ باشد، زوج (kl) و اگر $W_{lk} > W_{kl}$ باشد، زوج (lk) متعلق به مجموعه S خواهد بود.

$$\begin{cases} W_{KL} > W_{LK} \Rightarrow (KL) \in S \\ W_{LK} > W_{KL} \Rightarrow (LK) \in S \end{cases} \qquad S = \{(KL)\} \qquad \text{رابطه (۱۵)}$$

با استفاده از مجموعه S مدل برنامه‌ریزی خطی لین‌مپ نوشته شده و با حل آن گزینه ایده‌آل (x^*) و بردار وزنی (w) تعیین گردید. در نهایت فاصله اقلیدسی گزینه‌های نهایی تناسب مکانی شهرستان ملارد در دفن پسماند شهری از راه‌حل ایده‌آل محاسبه شد و بر اساس آن نقطه ارجح مشخص گردید. در مرحله آخر فاصله اقلیدسی تمامی نقاط موجود از گزینه ایده‌آل (x^*)، با احتساب وزن معیارها محاسبه می‌گردد. در این تحقیق با توجه به وجود ۲ روش مورد بررسی، تلاش شده است تا در مورد برتری هر یک از گزینه‌های محل دفن پسماند شهری نسبت به یکدیگر توافق حاصل گردد.

مدل تاپسیس (TOPSIS) کم‌ترین فاصله با راه حل ایده آل

در این روش نیز m گزینه به وسیله n معیار، مورد ارزشیابی قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینه‌ی انتخابی، باید کم‌ترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه-حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر معیار، به‌طور یکنواخت

افزایشی یا کاهشی است که از رابطه (۱۶) محاسبه می‌شود. کلیه مراحل مدل تاپسیس در نرم‌افزار اکسل فرمول نویسی شده است.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad ; \forall\, ij \qquad (۱۶)$$

حل مسأله با این روش، مستلزم طی شش گام زیر است:
گام اول: کمی‌کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی از بی‌مقیاس‌سازی نرمال استفاده می‌شود. توزیع احتمال ریسک هر عنصر (P_{ij}) از ماتریس تصمیم محاسبه می‌شود. هر عنصر ماتریس تصمیم‌گیری a_{ij} را بر مجموع عناصر هرستون تقسیم می‌شود از رابطه (۱۷) محاسبه می‌شود:

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} \qquad (۱۷)$$

گام دوم: به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) برای بدست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، لازم است که وزن معیارهای میزان پیامد، میزان احتمال ریسک و محدوده تحت تأثیر را داشته باشیم. اکنون می‌توان ماتریس بی‌مقیاس‌شده موزون را بدست آورد. به این منظور، ماتریس بی‌مقیاس‌شده را در ماتریس مربعی ($w_{n\times n}$) که عناصر قطر اصلی آن اوزان معیارها و دیگر عناصر آن صفر می‌باشد، ضرب می‌شود. ماتریس بی‌مقیاس‌شده موزون نام دارد و با V نشان داده می‌شود. (رابطه ۱۸)

$$\mathbf{V} = \mathbf{N} \times w_{n\times n} \qquad (۱۸)$$

گام سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی با توجه به اینکه هدف اولویت‌بندی معیارها در تناسب مکانی از نظر اهمیت می‌باشد بنابراین در این تحقیق، برای ایده‌آل مثبت بیشترین مقدار عددی هر ستون و برای ایدآل منفی کمترین مقدار عددی هر ستون مربوط به ماتریس بی‌مقیاس موزون در نظر گرفته شد.
گام چهارم: به‌دست‌آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی فاصله‌ی اقلیدسی هر گزینه ایده‌آل مثبت (d_j^+) و فاصله‌ی هر گزینه تا ایده‌آل منفی (d_j^-)، براساس فرمول‌های زیر حساب می‌شود (رابطه ۱۹).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad i = 12 \ldots, , m \qquad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad i = 12 \ldots, , m \qquad (۱۹)$$

گام پنجم: تعیین نزدیکی نسبی (CL^*) هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل در مرحله‌ی بعدی نزدیکی نسبی Ai به راه‌حل ایده‌آل به‌صورت زیر محاسبه گردید.

$$Cl = \frac{di^-}{di^- + di^+} \qquad (i = 12 \ldots n) \qquad (۲۰)$$

اگر $A_i = A_i^+$ باشد، آن‌گاه $d_i^+ = 0$ و $Cl_i^+ = 1$ می‌شود و در صورتی‌که $A_i = A_i^-$ باشد، آن‌گاه $d_i^- = 0$ و $Cl_i^+ = 0$ خواهد شد، بنابراین هر ریسک Ai به راه‌حل ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار Cl_i^+ آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود.
گام ششم: رتبه بندی گزینه‌ها هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است (۲۳).
در این گام کافی است اوزان نهایی به‌دست‌آمده را جهت به دست آوردن نمره تناسب مکانی در نظر گرفته تا رتبه‌بندی جدید حاصل گردد؛ بنابراین اوزان به‌دست‌آمده، در رابطه (۲۱) قرار داده می‌شود تا بتوان نمره معیارهای مورد بررسی در محل دفن پسماند در سطح ملی و بین‌المللی را محاسبه و رتبه‌بندی گردند.

$$R = W_C * C * W_E * E * W_P * P \qquad (۲۱)$$

روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)

این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر مستقیما بر مبنای "اهمیت نسبی" هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد (۲۴). روش ترکیب خطی وزنی مبتنی بر GIS شامل مراحل زیر است: ۱- مجموعه‌ای از معیارهای ارزشیابی (لایه‌های نقشه) و همچنین مجموعه‌ای از گزینه‌های ممکن را مشخص می‌نمایم۲- هر لایه نقشه معیار را به‌صورت استاندارد است. ۳- تعیین وزن‌های معیار که به‌طور مستقیم وزنی از اهمیت نسبی به نقشه معیار اختصاص داده می‌شود. ۴- لایه‌های نقشه استانداردشده وزنی را با ضرب لایه‌های نقشه

استانداردشده در وزن متناظر بر آن‌ها به‌دست می‌آید. سپس از طریق ضرب‌کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به‌دست می‌آید. روش ترکیب خطی وزنی می‌تواند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا شود. فنون همپوشانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی اجازه می‌دهد که برای تولید یک لایه‌ی نقشه‌ای ترکیبی (نقشه برون‌داد) با هم ترکیب و تلفیق شوند. استفاده از این روش در هر دو نوع قالب رستری و برداری سیستم اطلاعات جغرافیایی عملی است (۲۵).

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین مکان‌های مطابق با پهنه‌های مناسب در محل دفن پسماند

برای انجام عمل همپوشانی با روش فازی هر نقشه معیار و زیر معیارها با ضرایبی که دارند در وزن حاصل از روش لین‌مپ ضرب می‌شود. با استفاده از دستور Raster Calculator در نرم‌افزار ARC GIS انجام می‌شود و لایه نهایی تناسب مکانی در محل دفن پسماند بدست می‌آید. با انجام این عمل نقشه‌ای به‌دست می‌آید که مناطق مناسب برای دفن پسماند را نشان می‌دهد. در نقشه تلفیق نهایی مکان‌های مناسب به‌دست آمده در ۳ کلاس مناسب، تا حدودی مناسب و نامناسب دسته‌بندی شده‌اند. نحوه‌ی محاسبه‌ی روش ترکیب خطی وزن‌دار بااستفاده از معادله (۲۲) است که درآن ω وزن نرمالایز شده هر لایه، r_{ij}ارزش سلول در هر لایه V(xi) و مقدار نهایی WLC است.

$$W(x_i)=\sum_j \omega_j r_{ij} \qquad \text{رابطه (۲۲)}$$

با یکپارچه‌سازی در روند انجام محاسبات برای برآورد شاخص‌های نهایی در ارزشیابی تناسب مکانی در دفن پسماند شهری بعد از استانداردسازی، فازی شده و تبدیل به لایه سلولی وارد معادله (۲۲-۳) شده که در آن وزن‌های خروجی از روش linmap بر روی هر یک از لایه‌ها وارد می‌شود. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌هایی که بیشترین مقدار را داشته باشد، مناسب‌ترین گزینه برای هدف موردنظر خواهد بود (۲۵). خروجی نهایی این مکان‌های دفن پسماند حاصل ترکیب خطی وزنی تمامی‌مقادیر لایه‌ها در سیستم GIS است. براین اساس دسته‌بندی مناطقی که بیشترین تطابق را با پهنه‌های مناسب داشتند به منزله‌ی مکان‌های مناسب انتخاب شدند.

بررسی میزان انطباق محل‌های دفن پسماند

پس از تعیین پهنه‌های مناسب با استفاده از روش خطی وزنی (WLC)، ارزشیابی تناسب با انطباق و روی‌هم‌گذاری از طریق فرمان تقاطع (Cross Tab) انجام گرفت. تعیین مساحت نقشه‌های محدوده مطالعاتی و میزان انطباق نقشه‌های خروجی روش خطی وزنی با روش ضوابط سازمان محیط‌زیست و روش (MPCA) در دفع پسماندها در ایالات متحده امریکا تعیین گردید.

شاخص موران[5]

شاخص موران با ا ستفاده از رابطه (۲۳) و (۲۴) محا سبه می‌شود. x_i ضریب متغیر فاصله‌ای یا نسبی در یک محدوده n ،i تعداد عوارض، w_{ij} وزن فضایی بین عار ضه i و j است. ضریب موران بین ۱- تا ۱ متغیر است. ۱- برابر تعامل فضایی منفی و ۱ برابر تعامل فضایی مثبت است. اگر تعامل فضایی وجود نداشته باشد، ضرایب مورد انتظار موران برابر با صفر خواهد بود. ضرایب مورد انتظار موران برابر است با:

$$I=\frac{n\sum\sum w_{ij}(x_i-x)(x_j-x)}{w\sum(x_i-\bar{x})^2} \qquad \text{رابطه (۲۳)}$$

$$E_I=\frac{1}{(n-1)} \qquad \text{رابطه (۲۴)}$$

n تعداد عوارض، E_I ضریب مورد انتظار. اگر شاخص موران مورد محاسبه بزرگ‌تر از مقدار ضریب مورد انتظار باشد الگوی پراکنش فضایی محل دفن پسماند شهری تأیید و یا بالعکس خواهد شد (۲۶).

یافته‌ها

بررسی ضوابط و معیارهای سازمان محیط‌زیست

بررسی ضوابط و معیارها در ضوابط و معیارهای سازمان محیط‌زیست ایران نشان می‌دهد از ۱۷ معیار مورد بررسی ۱۰ معیار نامناسب است. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی در ارزشیابی مکانی محل دفن پسماند ضروری است. زیرا این نقشه‌ها اطلاعات ارزشمندی در مورد تناسب مکانی محل دفن پسماندها در هر پهنه در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد معیارهای دشت‌های سیلابی، چاه‌ها، آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، جاده و بزرگ‌راه‌ها،

[5] Moran's I

سکونت‌گاه‌های شهری، فاصله از مناطق مسکونی، زمین‌شناسی، توپوگرافی، مناطق حساس و زلزله‌خیز نامناسب هستند. معیارهای فاصله از آثار باستانی و گورستان‌ها، فاصله از مناطق روستایی، خطوط نیروی انتقال برق، کاربری اراضی، مراکز بیمارستانی، آموزشی زیارتی، تجاری و مناطق صنعتی، اراضی کشاورزی و پارک‌ها و چشم‌اندازها مناسب می‌باشند.

بررسی روش آژانس کنترل آلودکی مینسوتا (MPCA)

در این پژوهش به‌منظور بررسی معیارهای بین‌المللی از روش‌های ضوابط آژانس کنترل آلودگی محیط‌زیست مینه‌سوتا (MPCA) در ایالت متحد امریکا استفاده شده است. در این بررسی معیارهای فاصله از چاه‌ها، پارک‌های عمومی، راه‌ها و بزرگ‌راه‌ها، مسیل، فاصله از رودخانه‌ها و منابع آب‌های سطحی و فرسایش‌پذیری و زهکشی مورد ارزشیابی قرار گرفتند. نتایج ارزشیابی محل دفن پسماند شهر ملارد در **جدول۲** ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد معیارهای مسیل، چاه‌ها، آب‌های سطحی، جاده و بزرگ‌راه‌ها، فرسایش‌پذیری و زهکشی نامناسب هستند. تنها معیارهای مناسب فاصله از پارک‌ها مناسب است.

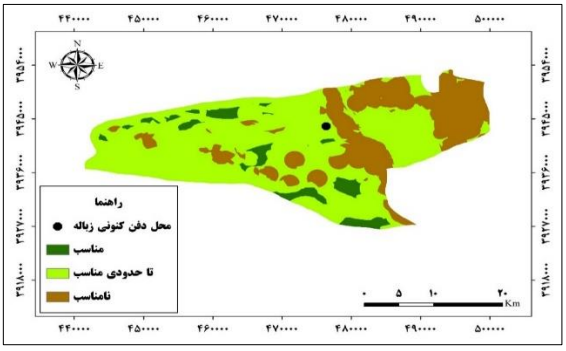
نتایج مدل (LINMAP) در وزن‌دهی معیارها

نتایج نهایی وزن معیارها در روش سازمان محیط‌زیست ایران و روش مینه‌سوتا (MPCA) بر اساس مدل لین‌مپ در **جدول ۱** ارائه شده است. در روش سازمان محیط‌زیست بیشترین وزن معیارها به‌ترتیب مربوط به فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مراکز آموزشی، درمانی، فاصله از شهرها، فاصله از چاه‌ها و آب‌های زیرزمینی، مناطق حساس و زلزله‌خیز، فاصله از رودخانه و مناطق روستایی است. در این پژوهش مشخص شد بالاترین وزن معیارها در روش مینه‌سوتا (MPCA) به‌ترتیب مربوط به فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از چاه‌های زیرزمینی، فاصله از رودخانه و مناطق سیلابی است.

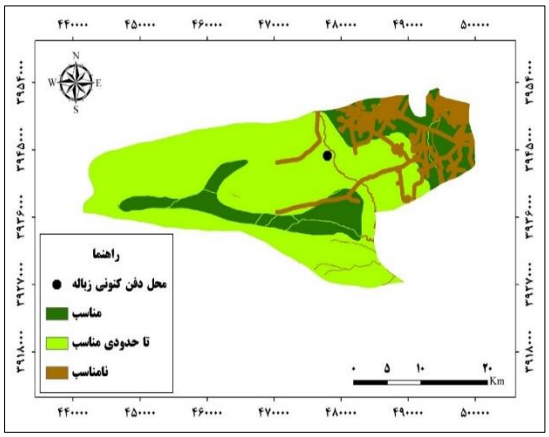
جدول ۱. نقطه ایده‌آل و وزن معیارها بر اساس مدل (LINMAP)

روش	معیارها	وزن معیارها W_j	تراز ایده‌آل x_j'
سازمان محیط‌زیست	فاصله از مناطق مسکونی	۱۹۲۸/۲۵۹	۰/۱۵۱
	فاصله از مراکز آموزشی، درمانی	۱۸۹۸/۷۰۳	۰/۱۴۹
	فاصله از شهرها	۱۷۲۳/۶۶۸	۰/۱۳۵
	فاصله از چاه	۱۴۳۴/۴۳۲	۰/۱۱۳
	فاصله از رودخانه	۱۲۸۹/۰۶۸	۰/۱۰۱
	مناطق سیلابی	۱۰۱۸/۱۴۵	۰/۰۸۰
	کاربری اراضی	۸۴۱/۴۱۹	۰/۰۶۶
	فاصله از اراضی کشاورزی	۶۱۱/۱۶۷	۰/۰۴۸
	فاصله از جاده	۵۵۴/۹۷۵	۰/۰۴۴
	فاصله از مناطق تاریخی، فرهنگی	۴۲۳/۱۳۸	۰/۰۳۳
	پستی و بلندی	۲۳۹/۱۸۷	۰/۰۲۷
	فاصله از گسل‌ها	۲۶۳/۳۵۴	۰/۰۲۱
	فاصله از خطوط انتقال نیرو	۲۴۱/۷۳۰	۰/۰۱۹
	زمین‌شناسی	۱۷۲/۲۲۱	۰/۰۱۴
	مناطق حساس و زلزله‌خیز	۱۵۳۴/۱۱۴	۰/۱۱۱
	مناطق روستایی	۱۳۲۵/۱۲۸	۰/۱۰۶
	پارک‌ها و چشم‌اندازها	۱۹۷/۱۲۸	۰/۰۱۷
مینه‌سوتا (MPCA)	فاصله از چاه	۱۵۹۷/۹۳۳	۰/۴۰۴
	فاصله از رودخانه	۱۳۴۶/۹۶۳	۰/۳۴۰
	مناطق سیلابی	۵۵۰/۱۷۴	۰/۱۳۹
	فاصله از جاده	۴۶۱/۴۴۹	۰/۱۱۷
	فاصله از مناطق مسکونی	۱۷۲۴/۴۲۱	۰/۵۲۲
	پارک‌های عمومی	۳۴۸/۳۲۴	۰/۱۰۴

لایه‌های حاصل از ترکیب نقشه‌های تناسب مکانی تهیه شدند. نتیجه نهایی روش‌های سازمان محیط‌زیست و مینه‌سوتا (MPCA) در **شکل ۲** ارائه شده است. همان‌طور که نقشه (الف) نشان می‌دهند تناسب مکانی جهت دفن پسماندهای شهری در شهرستان ملارد اخترآباد، در روش محیط‌زیست بیشتر در قسمت شمال غربی و جنوب واقع‌شده‌اند؛ زیرا این قسمت در فاصله مناسب از جاده‌ها و شهرها قرار دارند و همچنین عمق آب‌های زیرزمینی در این ناحیه کمتر است. این مناطق فاصله مناسب و بهینه از سکونت‌گاه‌های شهری قسمت‌های شمال غربی و جنوب شهرستان ملارد جهت دفن بهداشتی برخوردار هستند.



الف) تناسب نهایی روش محیط‌زیست

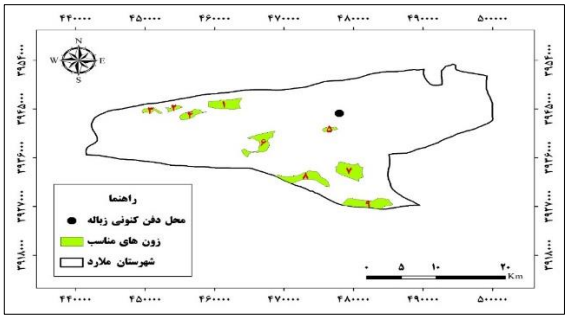


الف) تناسب نهایی روش مینه‌سوتا (MPCA)

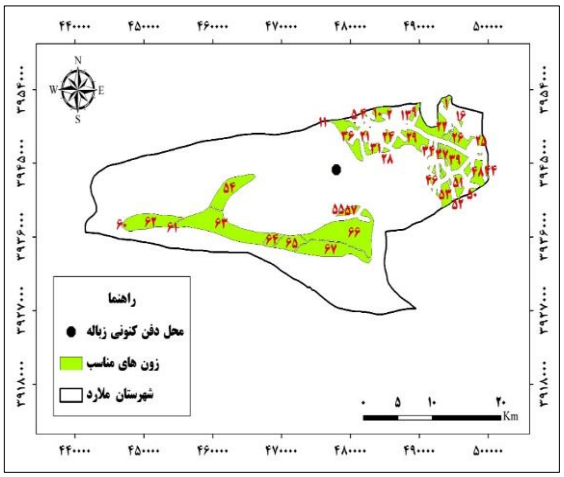
شکل ۲. نقشه نهایی تناسب مکانی دفن پسماند در خطی وزن‌دار (WLC)

شکل ۳ نشان می‌دهند تناسب مکانی جهت دفن پسماندهای شهری در روش آژانس کنترل آلودگی محیط‌زیست مینه‌سوتا (MPCA)، بیشتر در قسمت شرقی و شمال و شمال غربی واقع‌شده‌اند؛ زیرا این قسمت در فاصله مناسب از جاده‌ها و شهرها قرار دارند و همچنین فرسایش و زه‌کشی مناسب در این ناحیه بیشتر است. در این مناطق فاصله از رودخانه‌ها و مسیل‌ها جهت دفن بهداشتی از مطلوبیت بالا برخوردار هستند. محل دفن کنونی در روش مینه‌سوتا تا حدودی مناسب ارزشیابی می‌گردد.

فاصله اقلیدسی تمامی‌لکه‌های موجود در گزینه ایده‌آل (t_i) یا تراز بهینه محاسبه شد. وزن‌های بدست آمده در **جدول ۲** ارائه شده است. نکته قابل توجه دراینجا مقدار t_i است که هر چه قدر این مقدار کوچکتر باشد نشان‌دهنده‌ی نزدیکتر بودن وضعیت تناسب مکانی دفع پسماند اختر آباد ملارد به وضعیت ایده‌ال است. بر این اساس ۹ محل دفن به‌عنوان متناسب‌ترین مکان‌ها از نظر روش سازمان محیط‌زیست مناطق اخترآباد شناخته شدند.



الف) روش سازمان محیط‌زیست بر اساس روش لین‌مپ



ب) روش مینه‌سوتا (MPCA) بر اساس روش لین‌مپ

شکل۳. نقشه تناسب مکانی در مدل لین‌مپ

بر اساس روش مینه‌سوتا ۶۷ محل دفن به‌عنوان متناسب‌ترین مکان‌های دفن پسماند ئر شهرستان ملارد شناخته شدند. بیشترین معیارهای اثرگذار فاصله از مناطق مسکونی، چاه‌ها و منابع آب‌های سطحی است.

نتایج اولویت‌بندی و رتبه‌بندی مکان‌های دفن پسماند

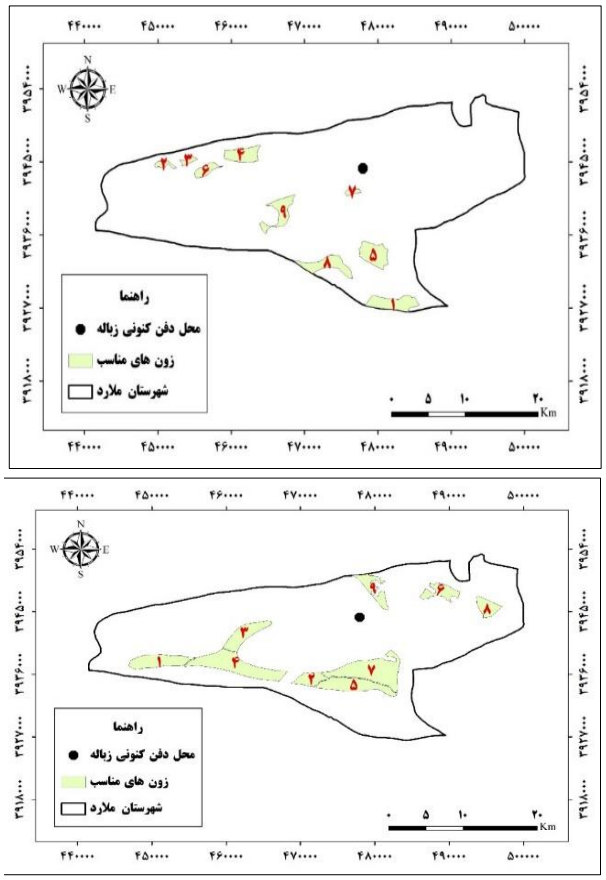
مدل بکار رفته جهت اولویت‌بندی تناسب مکانی در دفن پسماند شهری از مدل تاپسیس استفاده شده است. معیارهای بکار رفته در این بخش براساس نظرات خبرگان و بررسی منابع داخلی و خارجی ۱۰ معیار ارزشیابی مساحت زون، شیب، فاصله از منابع آبی، فرسایش‌پذیری، پوشش اراضی، فاصله از گسل، فاصله از مناطق جمعیتی، شاخص فاصله از جاده، مناطق سیلابی و زمین شناسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج وزن‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که معیارهای فاصله از مناطق جمعیتی، جاده‌ها و بزرگ‌راه‌های در دسترسی، سیلاب‌ها، مساحت زون، فاصله از منابع آبی، گسل‌ها، پوشش اراضی، شیب، زمین‌شناسی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در رتبه‌بندی گزینه‌ها دارند. در روش تاپسیس شاخص‌های سود با امتیاز مثبت شاخص‌های با جنبه منفی امتیاز منفی تعلق گرفت. این روش در نتایج به‌دست‌آمده تأثیرگذار بوده است.

با توجه به نتایج **جدول ۲** در می‌یابیم که گزینه ۹ رتبه اول از روش محیط‌زیست و گزینه ۱۱ رتبه هجدهم از روش مینه‌سوتا (MPCA) را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین گزینه ۱ به‌عنوان بیشترین تناسب در بین گزینه‌های پیشنهادشده، را دارد. گزینه ۳ رتبه ۲ و گزینه ۲ رتبه ۳ از

روش محیط‌زیست است. بخش اعظم مکان‌های دفن پسماندهای شهری شناسایی شده براساس ضوابط سازمان محیط زیست ایران در جنوب، جنوب غربی، شمال غرب و شمال منطقه موردمطالعه است (**شکل ۴**). فاصله از چاه‌ها و عمق آب‌زیرزمینی، فاصله از آثار باستانی، فرهنگی، تاریخی و گورستان‌های عمومی، فاصله از مناطق روستایی، کاربری اراضی، فاصله از مراکز بیمارستانی در این مناطق مناسب هستند. مکان‌های دفن پسماندهای شهری نهایی شده شناسایی شده در روش مینه‌سوتا (MPCA) در جهت‌های شرقی، شمال و شمال غربی است. بر اساس وزن‌های به‌دست‌آمده معیارهای فاصله از مناطق جمعیتی، کاربری اراضی، فاصله از منابع آبی، مناطق سیلابی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در رتبه‌بندی گزینه‌ها دارند.

جدول ۲. فواصل مثبت و منفی گزینه‌ها

گزینه‌های دفن	ایده‌آل مثبت d_j^+	ایده‌آل منفی d_j^-	فاصله نسبی گزینه‌ها CL	رتبه‌بندی	روش
۱	۱۸۴۸/۲۸۷۹	۳۶۷/۹۴۸۱	۰/۱۶۶۰	۴	محیط‌زیست
۲	۱۷۵۱/۶۸۰۲	۵۳۷/۱۶۵۴	۰/۲۳۴۷	۳	محیط‌زیست
۳	۱۵۵۷/۹۱۴۸	۶۴۹/۷۰۰۷	۰/۲۹۴۳	۲	محیط‌زیست
۴	۱۸۷۹/۱۳۲۱	۲۷۱/۲۴۵۷	۰/۱۲۶۱	۷	محیط‌زیست
۵	۱۷۸۸/۰۵۸۹	۱۹۲/۴۸۱۱	۰/۰۹۷۲	۸	محیط‌زیست
۶	۱۹۳۹/۳۴۵۱	۶۲/۵۶۷۰	۰/۰۳۱۳	۱۲	محیط‌زیست
۷	۱۷۵۰/۶۸۱۸	۲۳۱/۱۰۴۱۰	۰/۱۱۶۶	۶	محیط‌زیست
۸	۱۸۸۵/۶۸۹۶	۱۵۶/۴۰۸۴	۰/۰۷۶۶	۹	محیط‌زیست
۹	۱۷۲۷/۲۹۲۳	۵۸۳/۳۶۹۳	۰/۷۵۸۰	۱	محیط‌زیست
۱۰	۱۹۵۲/۳۰۰۵	۴۱/۱۰۸۴	۰/۰۲۰۶	۱۵	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۱	۱۹۵۸/۴۶۴۷	۱۲/۵۹۶۳	۰/۰۰۶۴	۱۸	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۲	۱۹۵۴/۹۳۸۲	۱۳/۱۴۱۹	۰/۰۰۶۷	۱۷	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۳	۱۸۹۴/۷۳۸۵	۷۱/۱۸۰۵	۰/۰۳۶۲	۱۱	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۴	۱۸۷۸/۰۷۳۷	۳۶۹/۶۲۷۷	۰/۱۶۴۴	۵	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۵	۱۹۵۰/۸۷۵۳	۱۲۵/۳۷۳۶	۰/۰۶۰۴	۱۳	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۶	۱۹۵۵/۶۲۷۳	۸۸/۳۳۹۶	۰/۰۴۳۲	۱۰	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۷	۱۹۵۵/۶۴۷۵	۱۳۲/۸۲۷۷	۰/۰۶۳۶	۱۶	مینه‌سوتا (MPCA)
۱۸	۱۹۴۲/۳۱۸۵	۶۲/۶۴۷۵	۰/۰۳۱۲	۱۴	مینه‌سوتا (MPCA)



شکل۴. نتایج اولویت‌بندی بر اساس مدل تاپسیس

مقایسه نتایج تناسب مکانی در روش‌های مختلف انتخابی

میزان انطباق تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند انتخاب شده با استفاده از نتایج حاصل از ضوابط سازمان محیط‌زیست ایران مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت براساس معیارهای سازمان محیط‌زیست برای مکان‌یابی محل دفن پسماند پهنه‌های مناسب برای را در دو طبقه یک (مناسب)، طبقه دو (نامناسب) مشخص شد. نتایج نشان می‌دهد که بخش بزرگی از شهرستان ملارد (۶۵/۶۰) درصد نسبتا مناسب، (۲۸/۲۱) درصد در طبقه نامناسب و تنها بخش کوچکی (۶/۱۳) درصد طبقه مناسب قرارگرفته است. همچنین میزان انطباق تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند انتخاب‌شده با استفاده از نتایج حاصل از آژانس کنترل آلودگی مینه‌سوتا (MPCA) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که بخش بزرگی از شهرستان ملارد (۶۵/۸۴) درصد تا حدودی مناسب، (۱۸/۴۸) درصد در طبقه نامناسب و تنها بخش کوچکی (۱۵/۶۷) درصد طبقه مناسب قرارگرفته است.

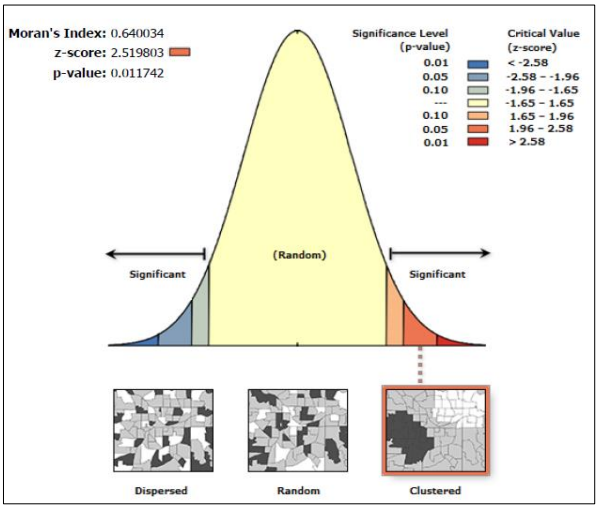
نتایج بررسی شاخص موران در تناسب مکانی

شاخص موران بر اساس این فرضیه استوار است که به‌صورت فرضیه صفر و فرضیه مقابل یا یک می‌باشد.

فرضیه صفر (H_0): هیچ خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر معیارهای تناسب مکانی با روش‌های مورد بررسی موردنظر وجود ندارد.

فرضیه یک (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر معیارهای تناسب مکانی با روش‌های مورد بررسی موردنظر وجود دارد.

به‌منظور تحلیل تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند و الگوی توزیع آن‌ها در شهرستان ملارد از مدل موران استفاده شده است (**شکل ۵**). براساس نتایج شاخص موران ۰/۶۴۰۰۳۴ و شاخص مورد انتظار برابر با ۰/۱۲۵۰۰۰- به‌دست آمده است؛ مقدار Z score محاسبه‌شده ۲/۵۱۹۸۰۳، از سطح بحرانی در نظر گرفته‌شده (۲,۵۸ – ۱/۹۶ انحراف معیار) کمتر است بنابراین فرضیه یک تأیید نمی‌شود. بنابراین با توجه به امتیاز استاندارد محاسبه‌شده ۲/۵۱۹۸۰۳ فرضیه خوشه‌ای‌بودن (clustered) الگوی پراکنش فضایی بین مقادیر معیارهای ارزشیابی تناسب مکانی در سطح اطمینان ۰/۹۹ درصد تایید می‌گردد. تنها ۱٪ امکان دارد پراکنش فضایی محل‌های دفن پسماند و الگوی توزیع آن‌ها تصادفی باشد. که با توجه به مقدار p-value: ۰/۰۱۱ نتجه‌گیری می‌شود که این خوشه‌ای-بودن از نظر آماری معنادار است.



شکل۵. تحلیل شاخص موران در روش سازمان محیط‌زیست ایران

بحث

با توجه به نتایج این تحقیق تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در ارزشیابی مکانی محل دفن پسماند ضروری است. زیرا این نقشه‌ها اطلاعات ارزشمندی در مورد مساحت

سیل‌گیری در هر پهنه در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد. تحققیات متعددی نشان داده است که محل دفن پسماند بر روی آب‌های زیرزمینی تاثیر دارند (۲۷، ۲۸، ۲۹). این امر باعث ایجاد آلودگی گسترده در چاه‌های زیرزمینی می‌شوند. در این پژوهش مشخص شد که فاصله از آب‌های سطحی و زیرزمینی نامناسب است. مبحث هیدرولوژی و هیدروژئولوژی(۳۰،۳۱) در ارزشیابی تناسب مکانی در مرکز دفن اهمیت زیادی دارد. پتانسیل آلوده‌سازی آب‌های زیرزمینی توسط شیرابه بستگی زیادی به موقعیت فیزیکی محل دفن دارد. فاصله از آب‌های سطحی نیز مثل آب‌های زیرزمینی تا محل دفن باید رعایت شود زیرا شیرابه جاری شده روی سطح زمین باعث آلوده-شدن و از بین‌رفتن جانداران و ... محیط زیست آبی شود. بررسی پارامتر جاده‌ها و بزرگ‌راه‌ها (۳۲، ۳۳) در انتخاب حمل‌ونقل پسماندها یک عنصر حیاتی در تصمیم‌گیری است که بر سایر اجزای محل دفن و اثرات زیست‌محیطی تاثیر می‌گذارد. به‌منظور سهولت، کاهش زمان و هزینه حمل‌ونقل، مکان دفن باید تا حدامکان دارای راه اصلی و جاده بوده و جاده‌های موجود نیز نزدیک باشد. باید توجه نمود که جاده‌ها دو طرفه بوده و از نظر عرض و انحنا برای عبور تجهیزات و کامیون‌ها به مرکز دفن مناسب باشند.

یکی از مسائلی که در ارزشیابی محل دفن پسماند مورد توجه قرار می‌گیرد فاصله محل دفن تا مناطق تاریخی و باستانی است؛ طبق استاندارد سازمان محیط زیست ۳۰۰ متر در نظر گرفته شده است مطابق با نتایج تحقیق این معیار مناسب است. در این مطالعه مشخص شد که معیارهای فاصله از مناطق مسکونی و سکونت‌گاه‌های شهری نامناسب هستند. طبیعی است که محل دفن همواره باید در خارج از شهر و دور از مراکز جمعیتی قرار گیرد. بدین‌صورت که هر چه زمین‌های موردنظر برای احداث به مناطق مسکونی پرجمعیت مانند شهرها نزدیک‌تر باشد هزینه‌ی اختصاصی زمین بیشتر می‌شود. در نتیجه‌ی هزینه پروژه احداث بیشتر خواهد شد. با توجه به عمر محل دفن که ۲۵ سال برآورده شده است، محل دفن نباید در مسیر توسعه آتی شهر قرار گیرد. نتایج نشان می‌دهد محل دفن در فاصله‌ی مناسبی از مناطق روستایی قرار دارد. فاصله از مناطق مسکونی در محل محل دفن پسماند عوامل مهمی در بهداشت و ایمنی محسوب می‌شود. نتایج این بررسی نشان می‌دهد محل دفن در فاصله مناسبی از مناطق روستایی قرار دارد.

تاکنون در کشور ما مطالعات متعددی درخصوص ارزشیابی مرکز دفن پسماند صورت گرفته که خود این مسئله می‌تواند دلیلی محکم بر اهمیت موضوع باشد، با توجه به ویژگی‌های اکولوژیک و اقتصادی اجتماعی محدوده مطالعاتی، اهداف طرح‌ریزی شده پارامترهای و روش‌های مورد استفاده در تناسب مکانی جایگاه‌های دفن بهداشتی پسماند متفاوت است. در محل دفن اخترآباد روزانه بیش از ۱۴۰۰ تن پسماند از شهرستان‌های شهریار، ملارد و قدس به مرکز دفن پسماند انتقال می‌یابند. متاسفانه شیوه‌های دفن و بازیافت پسماند سه شهرستان شهریار، ملارد و قدس در اخترآباد غیراصولی و غیربهداشتی است. این امر باعث شده است که بحران محیط زیستی و بهداشتی در منطقه ایجاد گردد. مطالعات مختلفی بر روی سیستم مدیریت پسماند جامد شهری انجام شده است. تاکید ویژه بر مناطق تجاری و مسکونی، آب‌های زیرزمینی، گسل‌ها، منابع آب‌های سحطی، جاده‌های مناسب داشته‌اند (۳۴؛ ۳۵؛ ۳۱؛ ۳۶، ۳۷). در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که بالاترین نقطه ایده‌آل و وزن معیارها بر اساس مدل (LINMAP) به-ترتیب مناطق مسکونی (۰/۱۵۱)، آموزشی و درمانی (۱۴۹)، منابع آب‌های زیرزمینی (۰/۱۳۵) می‌باشد. این یافته تحقیق با محققانی چون مظفری و همکاران (۳۸)، آریامپا و همکاران (۳۹) مبنی بر اهمیت بالای مناطق مسکونی، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی همسو و هماهنگ است. ارزشیابی محل‌های دفن پسماند موضوعی حیاتی است. مکان‌های دفن پسماند باعث انتشار انواع آلاینده‌ها در محیط می‌شوند. آلودگی‌ها می‌توانند وارد زنجیره‌ی غذایی شده و اکوسیستم و زندگی انسان‌ها را تحت تاثیر قرار دهند. متاسفانه تغییرات اثرات منفی محل‌های دفن پسماند حتی پس از گذشت سال‌ها و پس از بسته‌شدن محل دفن پسماند همچنان باقی می‌ماند (۴۰؛ ۴۱). تخلیه‌ی روباز یکی از عوامل مهم تخریب زمین و خاک در ایران است. بر اساس روش سازمان محیط‌زیست محل دفن پسماند ملارد مناسب نیست، در حالی‌که طبق روش MPCA سایت دفن پسماند اخترآباد ملارد تا حدوی مناسب است. نتایج این پژوهش در روش تاپسیس نیز نشان می‌دهد که معیارهای فاصله از مناطق جمعیتی، کاربری

اراضی، فاصله از منابع آبی، مناطق سیلابی به‌ترتیب دارای بالاترین اولویت‌ها هستند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که روش تاپسیس در ارزشیابی تناسب مکانی کارایی بالایی دارد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد ارزشیابی با استفاده از روش مینه‌سوتا (MPCA) بسیار نامناسب است. همچنین این یافته‌های در ضوابط سازمان محیط‌زیست نشان می‌دهد محل دفن اخترآباد ملارد نیز در شرایط نسبتا نامناسبی قرار دارد. یافته‌های تحقیق حاضر با محققانی چون طالبی (۴۲) یزدانی و همکاران (۴۳) امیرسلیمانی و همکاران (۴۴) مبنی بر نامناسب بودن ضوابط دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست ایران دارای موقعیت و محدودیت‌های مکانی نامناسبی هستند.

با توجه به مقایسه‌ی ارزشیابی و بررسی مکانی روش سازمان محیط‌زیست نشان داد که از ۱۷ معیار مورد بررسی در محل دفن پسماند ملارد، ۱۰ پارامتر مطابق با استاندارد سازمان محیط‌زیست نمی‌باشد. به‌عبارتی دیگر می‌توان بیان نمود که ۴۱/۱۷ درصد پارامترها مورد تایید می‌باشند. از آنجائی‌که بیش از ۵۸/۹۲٪ پارامترها در نامناسب هستند؛ بنابراین می‌توان گفت که بررسی و ارزشیابی تناسب مکانی در محل دفن پسماند اخترآباد ملارد بر اساس استاندارد سازمان محیط‌زیست نامناسب است و فرضیه ارائه‌شده مبنی بر نامناسب‌بودن وضعیت محل دفن اخترآباد تایید می‌گردد. نتایج بر مبنای معیارهای تدوین‌شده بین‌المللی مینه‌سوتا (MPCA) نشان داد ۷۵ درصد نامناسب و ۲۵ درصد مناسب است. مطابق با نتایج مقایسه‌ی نقشه تناسب محل‌های دفن خروجی خطی وزنی WLC با وضع موجود محل دفن نشان می‌دهد که پس از تعیین پهنه‌های مناسب با استفاده از روش خطی وزنی (WLC)، بیش از ۶۷ درصد مکان‌های دفن در تناسب مکانی افزایش پیدا کردند.

ارزشیابی تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند و الگوی توزیع آن‌ها در شهرستان ملارد از شاخص موران استفاده شد. بر اساس نتایج نهایی موران ۰/۶۴۰۰۳۴ و شاخص مورد انتظار ۰/۱۲۵۰۰۰- به‌دست‌آمده؛ بنابراین با توجه به امتیاز استاندارد محاسبه‌شده ۲/۵۱۹۸۰۳ فرضیه خوشه‌ای بودن (clustered) الگوی تناسب مکانی بدست‌آمده بین مقادیر معیارهای ارزشیابی ملی و بین‌المللی در سطح اطمینان ۰/۹۹ درصد تایید گردید. این خوشه‌ای‌بودن از نظر آماری معنادار است (p-value= ۰۰۰). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۹۳/۸۱ درصد مکان‌های دفن کنونی با معیارهای ملی و بین‌المللی تطابق ندارد.

نتیجه‌گیری

ازآنجا که توسعه‌ی شهری بدون وجود زیرساخت‌ها، سخت یا ناممکن است، دسترسی به شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌ها درکنار معیارهای اکولوژیک نظیر توپوگرافی، پارامترهای خاک و اقلیم، منجر به تحلیل دقیق‌تر شرایط موجود و تولید نتایج دقیق‌تری از شرایط و توان بالقوه‌ی منطقه برای کاربری‌ها می‌شود. با بررسی درصد انطباق با مدل‌های مختلف مشخص گردید گذشت زمان، افزایش جمعیت و نیاز به محل دفن پسماند بیشتر، منجر به توسعه‌ی محدوده‌ی شهری گردیده است، به گونه‌ای که نتایج نشان می‌دهند میزان تطابق مکان‌های دفن کنونی رو به کاهش شدیدی گذارده است. این امر خود دال بر نیاز شدید به برنامه‌ریزی اصولی مبتنی بر افزایش توجه به اصول سازمان محیط زیست و جبران این میزان کم انطباق است، بنابراین، برنامه‌ریزان شهری و سازمان‌های ذیربط باید با بررسی میزان تنزل تطابق با اصول اکولوژیکی و یافتن شاخص‌ها و عوامل موثر جهت رفع پیامدها در محدودیت‌های شهری و بهبود شرایط در درازمدت و آینده محدوده مطالعاتی، اقدام نمایند.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از همه کسانی که در جهت جمع‌آوری داده‌ها و پیشبرد این مطالعه بودند تشکر و قدردانی می‌شود. این مقاله بخشی از رساله کارشناسی‌ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات تهران با عنوان بررسی تناسب مکانی محل دفن پسماند اخترآباد ملارد با استفاده از با معیارهای ملی و بین‌المللی در سال ۱۴۰۲ است که با کد رهگیری ۱۶۲۸۷۰۷۵۷ انجام شده است.

تعارض منافع: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که در رابطه با انتشار مقاله ارائه‌شده به‌طور کامل از اخلاق نشر، ازجمله سرقت ادبی، سوءرفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد. نویسنده‌ی مسئول از جانب سایر نویسندگان این فرم را امضا و تایید می‌نماید و اصالت محتوای آن را اعلام می‌نماید.

حمایت مالی: نویسندگان این پژوهش اعلام می‌دارند که هیچ حمایت مالی رقیب در این تحقیق صورت نگرفته است.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان این پژوهش کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف

داده‌ها و داده‌سازی را رعایت کرده‌اند. هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

Reference

1. Arabeyyat OS, Shatnawi N, Shbool MA, Al Shraah A. Landfill site selection for sustainable solid waste management using multiple-criteria decision-making. Case study: Al-Balqa governorate in Jordan. MethodsX. 2024 Jun 1;12:102591. https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102591 PMid:38357637 PMCid:PMC10864790

2. Tella A, Mustafa MR, Animashaun G, Adebisi N, Okolie CJ, Balogun AL, Pham QB, Alani R. Data-driven landfill suitability mapping in Lagos State using GIS-based multi-criteria decision making. International Journal of Environmental Science and Technology. 2024 Jul 4:1-6. https://doi.org/10.1007/s13762-024-05803-5

3. Rafew SM, Rafizul IM. Application of system dynamics model for municipal solid waste management in Khulna city of Bangladesh. Waste Management. 2021 Jun 15;129:1-9. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.059 PMid:34010802

4. Jerie S, Zulu S. Site suitability analysis for solid waste landfill site location using geographic information systems and remote sensing: a case study of Banket Town Board, Zimbabwe. Review of Social Sciences. 2017 May 18;2(4):19-31. https://doi.org/10.18533/rss.v2i4.99

5. Gautam S, Brema J, Dhasarathan R. Spatio-temporal estimates of solid waste disposal in an urban city of India: a remote sensing and GIS approach. Environmental technology & innovation. 2020 May 1; 18:100650. https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100650

6. Şimşek, K. and Alp, S., 2022. Evaluation of landfill site selection by combining fuzzy tools in GIS-based multi-criteria decision analysis: a case study in Diyarbakır, Turkey. Sustainability, 14(16), p.9810. https://doi.org/10.3390/su14169810

7. Chandel AS. Geospatial technology based on a multi-criteria evaluation technique used to find potential landfill sites in the town of Bule Hora in southern Ethiopia. Journal of the Air & Waste Management Association. 2024 Apr 2; 74(4):207-39. https://doi.org/10.1080/10962247.2024.2312889 PMid:38315112

8. Cantero B, del Bosque IS, de Rojas MS, Matías A, Medina C. Durability of concretes bearing construction and demolition waste as cement and coarse aggregate substitutes. Cement and Concrete Composites. 2022 Nov 1; 134:104722. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104722

9. Kumar M, Gogoi A, Kumari D, Borah R, Das P, Mazumder P, Tyagi VK. Review of perspective, problems, challenges, and future scenario of metal contamination in the urban environment. Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste. 2017 Oct 1;21(4):04017007. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000351

10. Mousavi SM, Darvishi G, Mobarghaee Dinan N, Naghibi SA. Optimal landfill site selection for solid waste of three municipalities based on boolean and fuzzy methods: A case study in Kermanshah Province, Iran. Land. 2022 Oct 13;11(10):1779. https://doi.org/10.3390/land11101779

11. Anjum M, Min H, Ahmed Z. Healthcare Waste Management through Multi-Stage Decision-Making for Sustainability Enhancement. Sustainability. 2024 Jun 6;16(11):4872. https://doi.org/10.3390/su16114872

12. Gour AA, Singh SK. Solid waste management in India: a state-of-the-art review. Environmental Engineering Research. 2023 Aug;28(4). https://doi.org/10.4491/eer.2022.249

13. Muayad M, Janna H. Geographic Information System (GIS) for Landfill site selection-A review. InIOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2023 Sep 1 (Vol. 1232, No. 1, p. 012004). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1232/1/012004

14. Garcia-Garcia G. Using Multi-Criteria Decision-Making to Optimise Solid Waste Management. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. 2022 Oct 1; 37: 100650. https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100650

15. Gao P, Chen M, Zhou Y, Zhou L. An approach to linguistic q-rung ortho-pair fuzzy

multi-attribute decision making with LINMAP based on Manhattan distance measure. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. 2023 Jan 1;45 (1):1341-55. https://doi.org/10.3233/JIFS-221750
16. Kovačević M. Application of compromise programming in the evaluation of localities for construction of municipal landfill. International Conference on Sustainable Development 2022 Jun 23 (pp. 303-325). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17767-5_22
17. Oyedele AA, Omosekeji AE, Ayeni OO, Ewumi TO, Ogunlana FO. Delineation of landfill sites for municipal solid waste management using GIS. environment. 2022; 6:16. https://doi.org/10.28991/HEF-2022-03-03-05
18. Merdassi A, Guellouh S, Tebbi FZ, Boumezrag K. GIS-based selection of appropriate landfill sites: the case of a communal grouping in Batna, Algeria. Engineering, Technology & Applied Science Research. 2023 Apr 2;13(2):10306-9. https://doi.org/10.48084/etasr.5586
19. Hina SM, Szmerekovsky J, Lee E, Amin M, Arooj S. Identifying suitable solid waste landfill sites using spatial multi-criteria decision analysis. The Journal of Solid Waste Technology and Management. 2022 May 1;48(2):196-207. https://doi.org/10.5276/JSWTM/2022.196
20. Koudelka K, Commissioner MA. Minnesota Pollution Control Agency.
21. Manouri, Seyyed Masoud, Mir Hosseini, Seyed Abulqasem. Methods of locating and evaluating urban waste landfills, publisher, Islamic Azad University, Meybod branch, first edition; 2016 Jan 21.
22. Chandrappa R, Das DB. Siting of Municipal Solid Waste Facilities. InSolid Waste Management: Principles and Practice 2024 Mar 21 (pp. 749-770). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50442-6_19
23. Mo'meni, M, Sharifi Salim, A.R. Models and software of Kerry multi-criteria decision Tehran: Author; 2017 Oct 23. [In Persian].
24. Abedini M, Mousavi M. Investigating the most important environmental hazards in the watershed of Izeh using models; WLC and TOPSYSTOPSIS. Geographical space. 2018 Jun 10;18(61):41-62. [In Persian].
25. Aghmashhadi AH, Cirella G, Zahedi S, Kazemi A. Water resource policy support system of the Caspian Basin. AIMS Environmental Science. 2019;6(4). https://doi.org/10.3934/environsci.2019.4.242
26. Hankach P, Gastineau P, Vandanjon PO. Multi-scale spatial analysis of household car ownership using distance-based Moran's eigenvector maps: Case study in Loire-Atlantique (France). Journal of Transport Geography. 2022 Jan 1;98:103223. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103223
27. Fida M, Li P, Alam SK, Wang Y, Nsabimana A, Shrestha PS. Review of Groundwater Nitrate Pollution from Municipal Landfill Leachates: Implications for Environmental and Human Health and Leachate Treatment Technologies. Exposure and Health. 2024 Jan 16:1-25. https://doi.org/10.1007/s12403-023-00624-2
28. Hussain A, Deshwal A, Priyadarshi M, Pathak S, Sambandam G, Chand S, Shukla AK. Landfill leachate analysis from selected landfill sites and its impact on groundwater quality, New Delhi, India. Environment, Development and Sustainability. 2024 Jan 17:1-26. https://doi.org/10.1007/s10668-023-04403-6
29. Huang Z, Liu G, Zhang Y, Yuan Y, Xi B, Tan W. Assessing the impacts and contamination potentials of landfill leachate on adjacent groundwater systems. Science of The Total Environment. 2024 Jun 20;930:172664. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172664 PMid:38653413
30. Chai J, Zhang W, Zhao K, Li S, Baloch MY, Wang Z, Zhang D, Yang Y. Multi-biological risk in groundwater-surface water system under landfill stress: Driven by bacterial size and biological toxicity. Journal of Hydrology. 2024 Jun 1;636:131282. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131282
31. Yang Y, Li B, Li C, Liu P, Li T, Luo Y, Yang L, Che L, Li M. Spatiotemporal comprehensive evaluation of water quality based on enhanced variable fuzzy set theory: A case study of a landfill in karst area. Journal of Cleaner Production. 2024 Apr 15;450:141882. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141882
32. Alam AM, Rafizul IM. Development of landfill macro management policy: A case study. Cleaner Waste Systems. 2024 Apr 1;7:100132. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2024.100132
33. Oanh NT, Thanh PT, Long NB, Chien LH, Dinh NT, Thom TT, Bich NT, Elshewy MA. Optimal Solid Waste Landfill Site Identification Employing GIS-Based Multi-

Criteria Decision Analysis Within the Thach That District, Hanoi, Vietnam. International Journal of Geoinformatics. 2024 Jan 1;20(1).
34. Sanjeevi V, Shahabudeen P. Optimal routing for efficient municipal solid waste transportation by using ArcGIS application in Chennai, India. Waste Management & Research. 2016 Jan;34(1):11-21. https://doi.org/10.1177/0734242X15607430 PMid:26467317
35. Zohoori M, Ghani A. Municipal solid waste management challenges and problems for cities in low-income and developing countries. Int. J. Sci. Eng. Appl. 2017 Feb;6(2):39-48. https://doi.org/10.7753/IJSEA0602.1002
36. Giustiniani E, Giménez L, Semmartin M. Residents' perception and environmental assessment of a waste recycling centre: a case study of Buenos Aires City (Argentina). Environment, Development and Sustainability. 2023 Jul 31:1-9. https://doi.org/10.1007/s10668-023-03672-5
37. Naibbi AI, Umar UM. An appraisal of the spatial distribution of solid waste disposal sites in Kano metropolis, Nigeria. Journal of Geoscience and Environment Protection. 2017 Nov 2;5(11):24-36. https://doi.org/10.4236/gep.2017.511003
38. Mozaffari M, Bemani A, Erfani M, Yarami N, Siyahati G. Integration of LCSA and GIS-based MCDM for sustainable landfill site selection: A case study. Environmental monitoring and assessment. 2023 Apr;195(4):510. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11112-0 PMid:36964894
39. Aryampa S, Maheshwari B, Sabiiti EN, Bukenya B, Namuddu S. The Impact of Waste Disposal Sites on the Local Water Resources: A Case Study of the Kiteezi landfill, Uganda. Ecohydrology & Hydrobiology. 2023 Apr 1;23(2):280-9. https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.12.002
40. Vaverková MD. Landfill impacts on the environment. Geosciences. 2019 Oct 3;9(10):431. https://doi.org/10.3390/geosciences9100431
41. Iravanian, A., & Ravari, S. O. (2020, December). Types of contamination in landfills and effects on the environment: a review study. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 614, No. 1, p. 012083). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/614/1/012083
42. Talebi, H., Environmental evaluation of the municipal waste landfill of Mamounieh city by the method of the Minnesota Pollution Control Agency (MPCA) and comparison with the location criteria of the Iranian Environmental Protection Agency (USEPA), the 7th International Conference on Environmental Engineering and Natural Resources, Tehran, 2021, https: //civilica.com/doc/1256780. [In Persian].
43. azdani M, Manouri SM, Omrani QA, Shariat M, Hosseini SM. Assessing suitability of urban waste landfills using geographic information system (case study: west of Mazandaran province). Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources (Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences) [Internet]. 2015;6(1):31-46. Available from: https://sid.ir/paper/189557/fa. [In Persian].
44. Amir Soleimani, Y., Absi, A., Ebrahiman Qajari, Y. Evaluation of spatial limitations for sanitary landfill of urban waste in Mazandaran province using GIS and hierarchical analysis. Environmental Science Quarterly, 2020; 18(4): 1-20. doi: 10.52547/envs.18.4.1. [In Persian]. https://doi.org/10.52547/envs.18.4.1