

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@sbiau.ac.ir

Seyed Masoud Monavari

Professor of Environment
Department, Faculty of Natural
Resources and Environment,
Science and Research Unit,
Islamic Azad University, Tehran,
Iran

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 of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Received: 2024/02/20

Accepted: 2024/08/20

Doi:10.22038/jreh.2024.81192
.1675

► **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. *Journal of Research in Environmental Health*. 10 (2):76-93.

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

عباس زنگنه بهرام‌وند

دانشجوی کارشناسی ارشد

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 باعث شده 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 به صورت پیمایشی توصیفی و تحلیل می‌باشد. در ابتدا به شناسایی عوامل اثرگذار در تناسب مکانی با بهره‌گیری از منابع مطالعاتی از جمله ضوابط سازمان محیط‌زیست و روش آژانس کنترل آلودگی مینه‌سوتا (MPCA) در دفن پسماندها در ایالات متحده آمریکا پرداخته شد. تلفیق لایه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره لین‌مپ وزن‌دهی انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل و روی هم‌گذاری 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 قابل اطمینان 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 تصمیم‌گیری 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، جامعه‌شناسی و اقتصاد است (۲، ۳، ۴، ۵). سیستم مدیریت پسماند باید از نظر اجتماعی قابل قبول، 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. در نتیجه، انتخاب سایت به‌عنوان یک موضوع تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) دیده می‌شود (۱۲). پیش از این، محل‌های دفن پسماند منحصر بر اساس در دسترس بودن زمین انتخاب می‌شدند، نه دلایل علمی یا اجتماعی-محیطی

(۱۳). امروزه، با این حال، 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 سلسله‌مراتبی (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 مؤثر طرح تصمیم‌گیری تسهیلات عمومی اجتماعی 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).

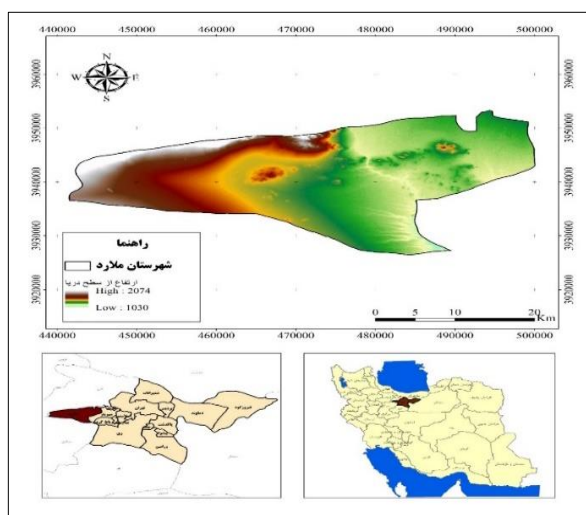
هدف این تحقیق استفاده از روش‌های چندمعیاره در تعیین و ارزشیابی تناسب مکانی در محل دفن زباله در شهرستان ملارد است تا اطمینان حاصل شود که محل انتخابی بر اساس معیارهای ملی و بین‌المللی بوده و نیازهای همه

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

¹ Multi-Criteria Decision-Making

مکانیزه می‌باشد، پسماندهای تولیدشده در شهر ملارد به- صورت 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 اختراآباد 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.

دینفغان 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. به‌طور کلی، 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) مطابقت دارد. این پژوهش بر آن است تا کارایی مدل (LINMAP) جهت وزن‌دهی معیارها و ادغام آن با روش خطی وزن‌دار WLC^۴ و روش تاپسیس را در اولویت‌بندی بهترین معیار ملی و بین‌المللی محل دفن پسماند پیشنهادی در اختراآباد ملارد را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

روش کار

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 اختراآباد در موقعیت جغرافیای ۳۵ ۳۸ ۴۱ عرض شمالی ۲۶/۹۸ ۴۵ ۵۰ طول شرقی در وسعت ۲۰۰ هکتار از اراضی ملی اختراآباد 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 اختراآباد روزانه بیش از ۱۴۰۰ تن پسماند از شهرستان‌های شهریار، ملارد و قدس به این مرکز دفن انتقال می‌یابند. متأسفانه شیوه‌های دفن و بازیافت پسماند سه شهرستان شهریار، ملارد و قدس در اختراآباد 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

³ Minnesota Pollution Control Agency

⁴ Weighted Linear Method (WLC)

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 زیر است:

(۱) محل دفن نباید در فاصله کمتر از ۳۰۵ متر 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 آب‌زیرزمینی دارای شرایط زیر را تهدید به آلودگی نماید:

- منابعی که توسط چاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- منابعی که احتمالاً 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).

تبصره: محل‌های دفع نباید در فاصله کم‌تر از 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.

روش LINMAP

در این روش با استفاده از جداسازی چندبعدی، فاصله طبقه هر کدام 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 این روش برای به‌دست آوردن اوزان شاخص‌ها (n) شاخص و مشخص نمودن اولویت‌بندی گزینه‌ها (m) گزینه به کار می‌رود. در این روش m گزینه با n شاخص، به وسیله m نقطه در فضای n بعدی نشان داده شده و فرض بر آن است که تصمیم‌گیرنده، گزینه‌های نزدیک به ایده‌آل را در این فضا انتخاب خواهد کرد.

فاصله از ایده‌آل به صورت 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 به صورت رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

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

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

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

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

مجموعه S به طور 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 $t_k \leq t_l$ باشد. مشخص نمودن جواب (wx^*) باید چنان باشد که تجاوز از شرط $t_k \leq t_l$ که این امر با توجه به (ماتریس تصمیم‌گیری موجود و مجموعه مرتب شده) S در حداقل ممکن واقع شود.

چنانچه $t_k \leq t_l$ باشد آنگاه مقدار $t_k \leq t_l$ بیانگر مقدار انحرافی است که شرط مورد تخطی واقع می‌شود. از این رو به طور کلی تعریف رابطه (۲) را می‌توان مد نظر قرار داد:

$$(t_l \leq t_k)^- = \max\{(t_l \leq t_k)\} \quad \text{رابطه (۲)}$$

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

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

P غیرمنفی است، $(t_l \leq t_k)^-$ غیرمنفی است. بدین جهت برای مشخص نمودن جواب (wx^*) مقدار P باید حداقل شود. در مقابل P ارزش G (میزان تطابق کل) به صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

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

همانطوری که در رابطه (۵) مشاهده می‌شود:

$$(t_l \leq t_k)^+ = \begin{cases} (t_l \leq t_k) & \text{if } t_k \leq t_l \\ 0 & \text{if } t_k > t_l \end{cases} = \max\{0, (t_l - t_k)\} \quad \text{رابطه (۵)}$$

پس بنابراین باید رابطه (۶) را محاسبه نمود:

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

به طوری که h یک مقدار ثابت دلخواه و مثبت است. با توجه به تعارف فوق در رابطه (۷) خواهیم داشت:

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

با توجه با اینکه هدف حداقل کردن عدم تطابق است، جواب (wx^*) از حل یک مساله به صورت رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$\min: P = \sum_{(kl) \in S} (t_l \leq t_k)^- = \sum_{(kl) \in S} \max\{0, t_k - t_l\} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$\text{st} \quad G - P = \sum_{(kl) \in S} (t_l - t_k) = h$$

این مساله به مساله برنامه ریزی خطی رابطه (۱۰) تبدیل می گردد:

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

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

با توجه به رابطه (۱۰) خواهیم داشت:

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

$$\sum_{j=1}^n w_j (x_{lj}^2 - x_{kj}^2) - 2 \sum_{j=1}^n w_j (x_{lj} - x_{kj})$$

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

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

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

رابطه (۱۵) تشکیل می گردد. 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.

$$\begin{aligned} W_{kl} > W_{lk} & \Rightarrow (KL) \in S \\ W_{lk} > W_{kl} & \Rightarrow (LK) \in S \end{aligned} \quad S = \{(KL)\} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

با استفاده از مجموعه S مدل برنامه ریزی خطی لین مپ نوشته شده و با حل آن گزینه ایده آل (x^*) و بردار وزنی (w) تعیین گردید. در نهایت فاصله اقلیدسی گزینه های نهایی تناسب مکانی شهرستان ملارد در دفن پسماند شهری از راه حل ایده آل محاسبه شد و بر اساس آن نقطه ارجح مشخص گردید. در مرحله آخر فاصله اقلیدسی تمامی نقاط موجود از گزینه ایده آل (x^*) ، با احتساب وزن معیارها محاسبه می گردد. در این تحقیق با توجه به وجود ۲ روش مورد بررسی، تلاش شده است تا در مورد برتری هر یک از گزینه های 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 می گیرد. اساس این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینه ی انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر معیار، به طور یکنواخت

با حل مساله (۱۲) بردار وزن شاخص های تناسب مکانی (w) و گزینه ایده آل (x^*) به دست آمده و براساس مقادیر w_j و x_j^* فاصله اقلیدسی گزینه ها از راه حل ایده آل (t_i) محاسبه شدند. گزینه ای که به راه حل ایده آل نزدیک تر باشد، گزینه برتر است. گزینه برتر گزینه ای است که t_i آن کوچک تر باشد. در روش لین مپ مجموعه $S = \{(kl)\}$ شامل زوج مرتب های (kl) ، به گونه ای که گزینه k بر گزینه L ارجح باشد، مشخص می شود. 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 می گردند.

$$\begin{aligned} C_{KL} &= \left[j / x_{kj} > x_{Lj} \quad \forall j \in j^+ \right] \\ C_{LK} &= \left[j / x_{Lj} > x_{Kj} \quad \forall j \in j^+ \right] \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

وقتی که کلیه شاخص های 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} و W_{lk} و W_{kl} را به شکل رابطه (۳-۱۴) محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} C_{KL} &= \left[\sum_{j \in C_{KL}} w_j \right] \quad \text{رابطه (۱۴)} \\ C_{LK} &= \left[\sum_{j \in C_{LK}} w_j \right] \end{aligned}$$

مقادیر W_{lk} و W_{kl} مقایسه شده و مجموعه S به صورت

قطر اصلی آن اوزان معیارها و دیگر عناصر آن صفر می‌باشد، ضرب می‌شود. ماتریس بی‌مقیاس شده موزون نام دارد و با V نشان داده می‌شود. (رابطه ۱۸)

$$V = N \times w_{n \times n} \quad (18)$$

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 ایده‌آل 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_i^+) و فاصله‌ی هر گزینه تا ایده‌آل منفی (d_i^-)، براساس فرمول‌های زیر حساب می‌شود (رابطه ۱۹).

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad i = 12 \dots, m \quad d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad i = 12 \dots, m \quad (19)$$

در محل دفن پسماند در سطح ملی و بین‌المللی را محاسبه و رتبه‌بندی کردند.

$$R = W_C * C * W_E * E * W_P * P \quad (21)$$

روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)

این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر مستقیماً 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 می‌نمایم ۲- 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 استاندارد شده وزنی را با ضرب لایه‌های نقشه

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

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} ; \forall ij \quad (16)$$

حل مسئله 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:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \quad (17)$$

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 بی‌مقیاس شده موزون را بدست آورد. به این منظور، ماتریس بی‌مقیاس شده را در ماتریس مربعی ($W_{n \times n}$) که عناصر

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

$$Cl = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (i = 12 \dots n) \quad (20)$$

اگر $A_i = A_i^+$ باشد، آن‌گاه $d_i^+ = 0$ و $Cl_i^+ = 1$ می‌شود و در صورتی که $A_i = A_i^-$ باشد، آن‌گاه $d_i^- = 0$ و $Cl_i^+ = 0$ خواهد شد، بنابراین هر ریسک A_i به راه‌حل ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار Cl_i^+ آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. گام ششم: رتبه‌بندی 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

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 روی هم‌گذاری 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^۵

شاخص موران با استفاده از رابطه (۲۳) و (۲۴) محاسبه می‌شود. X_i ضریب متغیر فاصله‌ای یا نسبی در یک محدوده i ، n تعداد عوارض، W_{ij} وزن فضایی بین عارضه 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:

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

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

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،

استانداردشده در وزن متناظر بر آن‌ها به‌دست می‌آید. سپس از طریق ضرب کردن 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 با استفاده از معادله (۲۲) است که در آن ω وزن نرمالایز شده هر لایه، r_{ij} ارزش سلول در هر لایه $V(x_i)$ و مقدار نهایی WLC است.

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

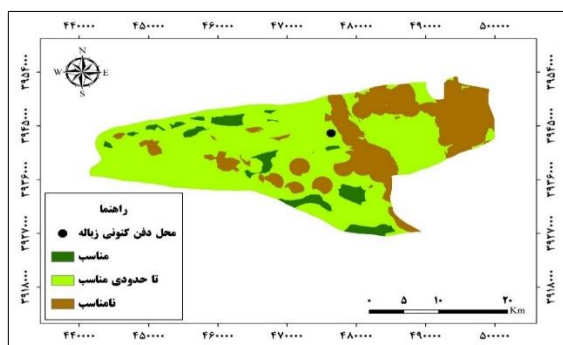
با یکپارچه‌سازی در روند انجام محاسبات برای برآورد شاخص‌های نهایی در ارزشیابی تناسب مکانی در دفن پسماند شهری بعد از استانداردسازی، فازی شده و تبدیل به لایه سلولی وارد معادله (۲۲-۳) شده که در آن وزن‌های خروجی از روش linmap بر روی هر یک از لایه‌ها وارد می‌شود. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌هایی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

⁵ Moran's I

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

روش	معیارها	وزن معیارها W_i	تراز ایده آل x_i^*
سازمان محیط زیست	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	۳۳۹/۱۸۷	۰/۰۲۷
	فاصله از گسل ها	۲۶۳/۲۵۴	۰/۰۲۱
	فاصله از خطوط انتقال نیرو	۲۴۱/۷۳۰	۰/۰۱۹
	زمین شناسی	۱۷۲/۲۳۱	۰/۰۱۴
	مناطق حساس و زلزله خیز	۱۵۳۴/۱۱۴	۰/۱۱۱
مینه سوتا (MPCA)	مناطق روستایی	۱۳۲۵/۱۲۸	۰/۱۰۶
	پارک ها و چشم اندازها	۱۹۷/۱۲۸	۰/۰۱۷
	فاصله از چاه	۱۵۹۷/۹۳۳	۰/۰۴۰۴
	فاصله از رودخانه	۱۳۴۶/۹۶۳	۰/۰۴۰
	مناطق سیلابی	۵۵۰/۱۷۴	۰/۱۳۹
	فاصله از جاده	۴۶۱/۴۴۹	۰/۱۱۷
	فاصله از مناطق مسکونی	۱۷۲۴/۴۳۱	۰/۵۲۲
	پارک های عمومی	۳۴۸/۲۲۴	۰/۱۰۴

لایه های حاصل از ترکیب نقشه های تناسب مکانی تهیه شدند. نتیجه نهایی روش های سازمان محیط زیست و مینه سوتا (MPCA) در شکل ۲ ارائه شده است. همان طور که نقشه (الف) نشان می دهد تناسب مکانی جهت دفن پسماندهای شهری در شهرستان ملارد اختراآباد، در روش محیط زیست بیشتر در قسمت شمال غربی و جنوب واقع شده اند؛ زیرا این قسمت در فاصله مناسب از جاده ها و شهرها قرار دارند و همچنین عمق آب های زیرزمینی در این ناحیه کمتر است. این مناطق فاصله مناسب و بهینه از سکونت گاه های شهری قسمت های شمال غربی و جنوب شهرستان ملارد جهت دفن بهداشتی برخوردار هستند.



الف) تناسب نهایی روش محیط زیست

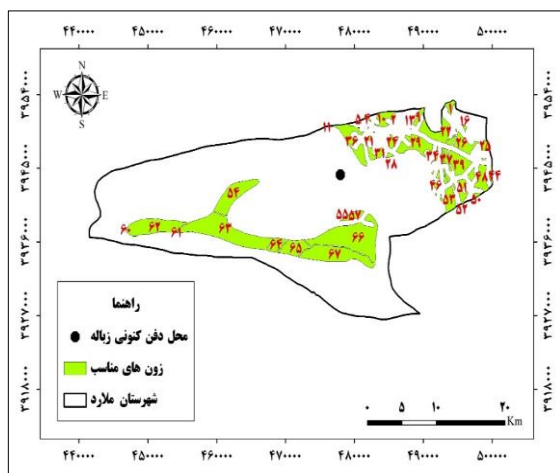
سکونت گاه های شهری، فاصله از مناطق مسکونی، زمین شناسی، توپوگرافی، مناطق حساس و زلزله خیز نامناسب هستند. معیارهای فاصله از آثار باستانی و گورستان ها، فاصله از مناطق روستایی، خطوط نیروی انتقال برق، کاربری اراضی، مراکز بیمارستانی، آموزشی زیارتی، تجاری و مناطق صنعتی، اراضی کشاورزی و پارک ها و چشم اندازها مناسب می باشند.

بررسی روش آژانس کنترل آلودگی مینه سوتا (MPCA)

در این پژوهش به منظور بررسی معیارهای بین المللی از روش های ضوابط آژانس کنترل آلودگی محیط زیست مینه سوتا (MPCA) در ایالت متحد آمریکا استفاده شده است. در این بررسی معیارهای فاصله از چاه ها، پارک های عمومی، راه ها و بزرگراه ها، مسیل، فاصله از رودخانه ها و منابع آب های سطحی و فرسایش پذیری و زهکشی مورد ارزشیابی قرار گرفتند. نتایج ارزشیابی محل دفن پسماند شهر ملارد در جدول ۲ ارائه شده است. همان گونه که ملاحظه می گردد معیارهای مسیل، چاه ها، آب های سطحی، جاده و بزرگراه ها، فرسایش پذیری و زهکشی نامناسب هستند. تنها معیارهای مناسب فاصله از پارک ها مناسب است.

نتایج مدل (LINMAP) در وزن دهی معیارها

نتایج نهایی وزن معیارها در روش سازمان محیط زیست ایران و روش مینه سوتا (MPCA) بر اساس مدل لین مپ در جدول ۱ ارائه شده است. در روش سازمان محیط زیست بیشترین وزن معیارها به ترتیب مربوط به فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مراکز آموزشی، درمانی، فاصله از شهرها، فاصله از چاه ها و آب های زیرزمینی، مناطق حساس و زلزله خیز، فاصله از رودخانه و مناطق روستایی است. در این پژوهش مشخص شد بالاترین وزن معیارها در روش مینه سوتا (MPCA) به ترتیب مربوط به فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از چاه های زیرزمینی، فاصله از رودخانه و مناطق سیلابی است.



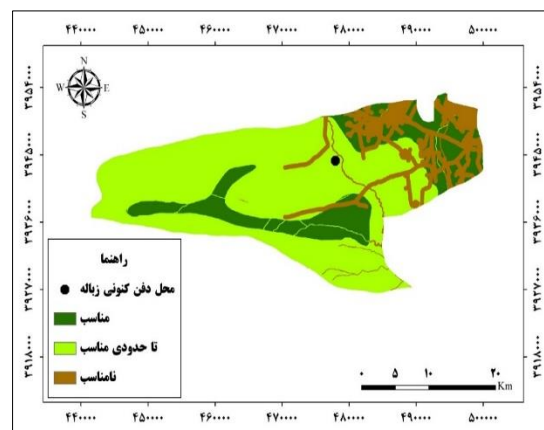
ب) روش مینه‌سوتا (MPCA) بر اساس روش لین‌مپ
شکل ۳. نقشه تناسب مکانی در مدل لین‌مپ

بر اساس روش مینه‌سوتا ۶۷ محل دفن به‌عنوان متناسب‌ترین مکان‌های دفن پسماند ثر 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 زمین‌شناسی 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

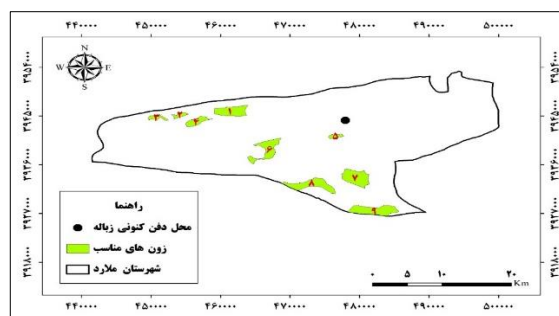


الف) تناسب نهایی روش مینه‌سوتا (MPCA)

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 تمامی لکه‌های موجود در گزینه ایده‌آل (t_i) یا تراز بهینه محاسبه شد. وزن‌های بدست آمده در جدول ۲ ارائه شده است. نکته قابل توجه در اینجا 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 ایده‌آل است. بر این اساس ۹ محل دفن به‌عنوان متناسب‌ترین مکان‌ها از نظر روش سازمان محیط‌زیست مناطق اخت‌آباد شناخته شدند.



الف) روش سازمان محیط‌زیست بر اساس روش لین‌مپ

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 مورد مطالعه 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 به-دست‌آمده معیارهای فاصله از مناطق جمعیتی، کاربری اراضی، فاصله از منابع آبی، مناطق سیلابی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در رتبه‌بندی گزینه‌ها دارند.

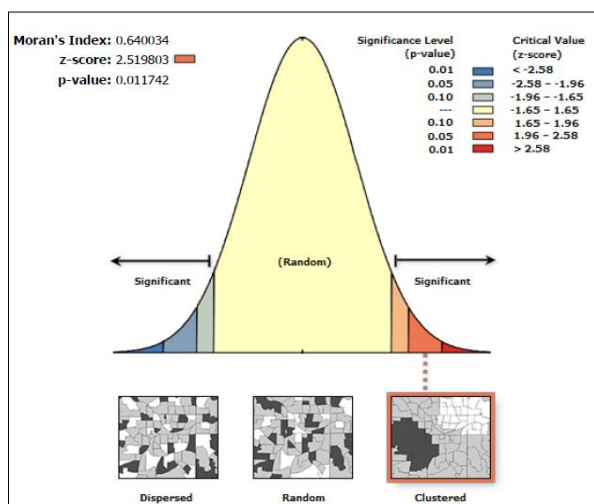
جدول ۲. فواصل مثبت و منفی گزینه‌ها

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	۵۸۲/۳۶۹۳	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)

شاخص موران بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت 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.

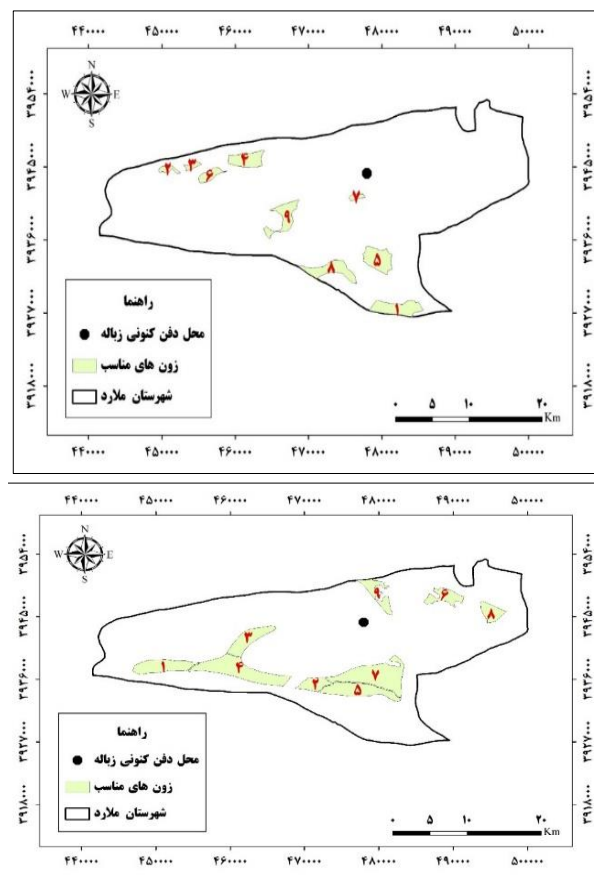
فرضیه یک (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر معیارهای تناسب مکانی با روش‌های مورد بررسی موردنظر وجود دارد. به منظور تحلیل تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند و الگوی توزیع آن‌ها در شهرستان ملارد از مدل موران استفاده شده است (شکل ۵). براساس نتایج شاخص موران 0.640034 و شاخص مورد انتظار برابر با -0.125000 به دست آمده است؛ مقدار Z score محاسبه شده 2.519803 از سطح بحرانی در نظر گرفته شده (2.58) $1/96$ انحراف معیار) کمتر است بنابراین فرضیه یک تأیید نمی‌شود. بنابراین با توجه به امتیاز استاندارد محاسبه شده 2.519803 فرضیه خوشه‌ای بودن (clustered) الگوی پراکنش فضایی بین مقادیر معیارهای ارزشیابی تناسب مکانی در سطح اطمینان 0.99 درصد تأیید می‌گردد. تنها 1% امکان دارد پراکنش فضایی محل‌های دفن پسماند و الگوی توزیع آن‌ها تصادفی باشد. که با توجه به مقدار p -value: 0.011742 نتیجه‌گیری می‌شود که این خوشه‌ای بودن از نظر آماری معنادار است.



شکل ۵. تحلیل شاخص موران در روش سازمان محیط زیست 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



شکل ۴. نتایج اولویت بندی 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 محیط زیست ایران مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت براساس معیارهای سازمان محیط زیست 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 ($65/60$) درصد نسبتاً مناسب، ($28/21$) درصد در طبقه نامناسب و تنها بخش کوچکی ($6/13$) درصد طبقه مناسب قرار گرفته است. همچنین میزان انطباق تناسب مکانی محل‌های دفن پسماند انتخاب شده 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 ($65/84$) درصد تا حدودی مناسب، ($18/48$) درصد در طبقه نامناسب و تنها بخش کوچکی ($15/67$) درصد طبقه مناسب قرار گرفته است.

نتایج بررسی شاخص موران در تناسب مکانی

سیل گیری در هر پهنه در اختیار مدیران و تصمیم گیرندگان قرار می دهد. تحقیقات متعددی نشان داده است که محل دفن پسماند بر روی آب های زیرزمینی تاثیر دارند (۲۷، ۲۸، ۲۹). این امر باعث ایجاد آلودگی گسترده در چاه های زیرزمینی می شوند. در این پژوهش مشخص شد که فاصله از آب های سطحی و زیرزمینی نامناسب است. مبحث هیدرولوژی و هیدروژئولوژی (۳۰، ۳۱) در ارزشیابی تناسب مکانی در مرکز دفن اهمیت زیادی دارد. پتانسیل آلوده سازی آب های زیرزمینی توسط شیرابه بستگی زیادی به موقعیت فیزیکی محل دفن دارد. فاصله از آب های سطحی نیز مثل آب های زیرزمینی تا محل دفن باید رعایت شود زیرا شیرابه جاری شده روی سطح زمین باعث آلوده شدن و از بین رفتن جانداران و ... محیط زیست آبی شود. بررسی پارامتر جاده ها و بزرگراه ها (۳۲، ۳۳) در انتخاب حمل و نقل پسماندها یک عنصر حیاتی در تصمیم گیری است که بر سایر اجزای محل دفن و اثرات زیست محیطی تاثیر می گذارد. به منظور سهولت، کاهش زمان و هزینه حمل و نقل، مکان دفن باید تا حدامکان دارای راه اصلی و جاده بوده و جاده های موجود نیز نزدیک باشد. باید توجه نمود که جاده ها دو طرفه بوده و از نظر عرض و انحنا برای عبور تجهیزات و کامیون ها به مرکز دفن مناسب باشند. یکی از مسائلی که در ارزشیابی محل دفن پسماند مورد توجه قرار می گیرد 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 سکونتگاه های شهری نامناسب هستند. طبیعی است که محل دفن همواره باید در خارج از شهر و دور از مراکز جمعیتی قرار گیرد. بدین صورت که هر چه زمین های موردنظر برای احداث به مناطق مسکونی پرجمعیت مانند شهرها نزدیک تر باشد هزینه اختصاصی زمین بیشتر می شود. در نتیجه ی 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 می دهد محل دفن در فاصله ی مناسبی از مناطق روستایی قرار دارد. فاصله از مناطق مسکونی در محل دفن پسماند عوامل مهمی در بهداشت و ایمنی محسوب می شود. نتایج این بررسی

نشان می دهد 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 می تواند دلیلی محکم بر اهمیت موضوع باشد، با توجه به ویژگی های اکولوژیک و اقتصادی اجتماعی محدوده مطالعاتی، اهداف طرح ریزی شده پارامترهای و روش های مورد استفاده در تناسب مکانی جایگاه های دفن بهداشتی پسماند متفاوت است. در محل دفن اخترا بآباد روزانه بیش از ۱۴۰۰ تن پسماند از شهرستان های شهریار، ملارد و قدس به مرکز دفن پسماند انتقال می یابند. متاسفانه شیوه های دفن و بازیافت پسماند سه شهرستان شهریار، ملارد و قدس در اخترا بآباد 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، آب های زیرزمینی، گسل ها، منابع آب های سطحی، جاده های مناسب داشته اند (۳۴؛ ۳۵؛ ۳۱؛ ۳۶، ۳۷). در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که بالاترین نقطه ایده آل و وزن معیارها بر اساس مدل (LINMAP) به ترتیب مناطق مسکونی (۰/۱۵۱)، آموزشی و درمانی (۱۴۹)، منابع آب های زیرزمینی (۰/۱۳۵) می باشد. این یافته تحقیق با محققانی چون مظفری و همکاران (۳۸)، آریامپا و همکاران (۳۹) مبنی بر اهمیت بالای مناطق مسکونی، منابع آب های سطحی و زیرزمینی همسو و هماهنگ است. ارزشیابی محل های دفن پسماند موضوعی حیاتی است. مکان های دفن پسماند باعث انتشار انواع آلاینده ها در محیط می شوند. آلودگی ها می توانند وارد زنجیره ی غذایی شده و اکوسیستم و زندگی انسان ها را تحت تاثیر قرار دهند. متاسفانه تغییرات اثرات منفی محل های دفن پسماند حتی پس از گذشت سال ها و پس از بسته شدن محل دفن پسماند همچنان باقی می ماند (۴۰؛ ۴۱). تخلیه ی روباز یکی از عوامل مهم تخریب زمین و خاک در ایران است. بر اساس روش سازمان محیط زیست محل دفن پسماند ملارد مناسب نیست، در حالی که طبق روش MPCA سایت دفن پسماند اخترا بآباد ملارد تا حدوی مناسب است. نتایج این پژوهش در روش تاپسیس نیز نشان می دهد که معیارهای فاصله از مناطق جمعیتی، کاربری

معیارهای ملی و بین المللی تطابق ندارد.

نتیجه گیری

از آنجا که توسعه‌ی شهری بدون وجود زیرساخت‌ها، سخت یا ناممکن است، دسترسی به شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌ها در کنار 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 محدودی 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 محدودی مطالعاتی، اقدام نمایند.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از همه کسانی که در جهت جمع‌آوری داده‌ها و پیشبرد این مطالعه بودند تشکر و قدردانی می‌شود. این مقاله بخشی از رساله کارشناسی-ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات تهران با عنوان بررسی تناسب مکانی محل دفن پسماند اخترا‌آباد 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، از جمله 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

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 اخترا‌آباد ملارد نیز در شرایط نسبتاً 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. به عبارتی دیگر می‌توان بیان نمود که ۴۱/۱۷ درصد پارامترها مورد تایید می‌باشند. از آنجائی- که بیش از ۵۸/۹۲٪ پارامترها در نامناسب هستند؛ بنابراین می‌توان گفت که بررسی و ارزشیابی تناسب مکانی در محل دفن پسماند اخترا‌آباد ملارد بر اساس استاندارد سازمان محیط‌زیست نامناسب است و فرضیه ارائه‌شده مبنی بر نامناسب بودن وضعیت محل دفن اخترا‌آباد 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 خوشه‌ای بودن از نظر آماری معنادار است (p-value= ۰۰۰). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۹۳/۸۱ درصد مکان‌های دفن کنونی با

تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

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

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](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. In *IOP 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. In *Solid 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>