مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی
Management of Natural Ecosystems
دوره ۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۴، ۷۴-۶۱
Volume 5, Issue 3, Atumn 2025, 61-74
http://emj.ardakan.ac.ir/article_735234.html

اولویت‌بندی محل دفن پسماندهای شهر مشهد با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با تاکید بر معیارهای زمین‌ریخت‌شناسی

مجتبی افشارپور[1*]، ابوالفضل رضاطلب[2]

چکیده

مخاطرات محیط‌زیستی و دفع پسماندها به دلیل ارتباط با زندگی بشر نیاز به کنترل و اعمال سیستم مدیریت دارند. در فرآیند تعیین محل دفع زباله‌های شهری سعی می‌شود نقاطی با کمترین خطرات برای محیط‌زیست و سلامت انسان مدنظر قرار گیرد. هدف این پژوهش، شناسایی مناطقی با حداقل تأثیرات منفی محیط‌زیستی و انتخاب مناسب‌ترین مکان برای دفن پسماندهای شهر مشهد بوده است. برای مکان‌یابی دفن پسماند در شهرستان مشهد با استفاده از ۱۱ شاخص و مدل تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره‌گرفته شده است. وزن نهایی در روش سلسله مراتبی بالاترین امتیاز به ترتیب به پوشش گیاهی، شیب منطقه و بافت خاک اختصاص داده شد. پس از تعیین وزن‌های معیارها و دسته‌های مختلف آن‌ها، لایه‌های اطلاعاتی با در نظر گرفتن اهمیت نسبی هر کلاس در محیط GIS بر روی هم قرار داده و با هم ادغام شدند. سپس معیارهای موثر در انتخاب مکان دفن مانند فاصله از مناطق مسکونی، منابع آب و دیگر عوامل محیط‌زیستی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی طبقه‌بندی و امتیازدهی شدند. پس از حذف مناطق ممنوعه بر اساس تحقیقات انجام شده جهت ارزیابی سه منطقه پیشنهادی برای دفن پسماندهای شهری مشهد در سه نقطه جاده قدیم نیشابور، محل دفن فعلی در جاده میامی و جاده سیمان با در نظر گرفتن معیارهای زمین‌ریخت‌شناسی، محیط‌زیستی و اجتماعی مورد بررسی قرار گرفت. پهنه موجود در ۱۵ کیلومتر شهر مشهد در حاشیه جاده سیمان با امتیاز وزن‌دهی شده ۱/۰۳۴ به‌عنوان بهترین محل دفن زباله انتخاب شد و بیشترین امتیازات را در معیارهایی همچون پوشش گیاهی، فاصله از قطب صنعتی و فاصله از گسل‌ها به‌دست آورد.

واژگان کلیدی:

پسماندهای شهری، اثرات محیط‌زیستی، مکان‌یابی محل دفن، شهر مشهد.

CC BY

مقاله پژوهشی

۱. کارشناس ارشد آلودگی‌های محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشگاه خردگرایان مطهر، مشهد، ایران.

afsharpoor1162@gmail.com

* نویسنده مسئول

۲. کارشناس ارشد مهندسی کشاورزی، گروه مطالعات محیط زیست، اداره کل بهبود محیط زیست شهری، معاونت محیط زیست و خدمات شهری، مشهد، ایران.

rezatalab_abolfazl@yahoo.com

شناسه مقاله: ۲۵۱۱-۱۱۳۰
شماره صفحه پیاپی: ۱۱۸۰-۱۱۹۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۳۰
انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۲/۰۲
زمان پذیرش: ۱۰۶ روز

استناددهی:
افشارپور، م.، و رضاطلب، ا. (۱۴۰۴). اولویت‌بندی محل دفن پسماندهای شهر مشهد با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با تاکید بر معیارهای زمین‌ریخت‌شناسی. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۵(۳)، ۷۴-۶۱.

شاپا: ۲۸۲۱-۱۸۲
DOI: 10.22034/emj.2026.2076833.1130

۱- مقدمه

پسماندهای جامد شهری برآیند طبیعی فعالیت‌های انسانی می‌باشد و اگر برای این مشکل یک سیستم مدیریتی مناسب اتخاذ نگردد، ممکن است منجر به آلودگی محیطی و به خطر انداختن سلامت انسان‌ها گردد (عرب‌عامری و رامشت، ۱۳۹۵). در سال ۲۰۱۶ در حدود ۲ میلیارد تن ضایعات جامد در جهان تولید شده و به خاطر رشد سریع جمعیت و پدیده شهرنشینی انتظار می‌رود تولید ضایعات سالیانه از سال ۲۰۵۰ به بعد ۴۰/۳ میلیارد تن افزایش پیدا کند (Karakuş et al., 2020). از طرفی با گسترش روزافزون جمعیت، توسعه شهرها و صنایع، پیشرفت‌های فن‌آوری، تغییرات الگوی مصرف و غیره تولید و تنوع پسماند افزایش یافته است. روش‌های مدیریت زباله‌های جامد شهری شامل بازیافت، استفاده مجدد، کاهش و دفن زباله‌ها است. با این حال در بین این موارد، دفن زباله نقش اصلی را در مدیریت زباله جامد که یک هشدار جدی برای جهان تلقی می‌گردد و نیاز به مدیریت مناسب دارند (Osra and Kajjumba, 2020). چگونگی دفن پسماندهای جامد ویژه و خطرناک است و به گونه‌ای باید باشد که بر منابع طبیعی به‌ویژه آب و خاک تاثیر نامطلوب نداشته باشد (طالبی، ۱۴۰۲الف). در این راستا Butt and Ghaffar (۲۰۱۲) در پژوهشی که در پاکستان انجام دادند با جمع‌آوری و بررسی نمونه‌های آبی از محل‌های دفن پسماند در طی فصول خشک و مرطوب پارامترهای بیولوژیکی آن به این نتیجه رسیدند که محل‌های دفن پسماند شهری یک تهدید گسترده برای ساکنان اطراف و یک منبع گسترده‌ای از آلودگی‌ها به‌خصوص آلودگی منابع آبی زیرزمینی هستند. از این‌رو مدیریت صحیح و دفع اصولی پسماندها، اصلی‌ترین نگرش در جهان، به‌خصوص در کشورهای توسعه یافته می‌باشد. دفن بهداشتی پسماندهای شهری مانند هر پروژه‌ی مهندسی دیگر به مطالعات پایه و برنامه‌ریزی دقیق نیاز دارد. وجود فاکتورهای متعدد موثر در زمینه مکان مناسب دفن پسماند، تصمیم‌گیران را به‌طور ناخودآگاه به سمت و سوی استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه‌بر دقت بالا از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشد (عرب عامری و رامشت، ۱۳۹۵). هدف نهایی از مکان‌یابی دستیابی به مناسب‌ترین محلی است که کمترین آثار سوء را برای محیط‌زیست و منابع طبیعی اطراف داشته باشد و از نظر اقتصادی کم هزینه‌ترین و از دیدگاه مهندسی نیز بهترین ویژگی را دارا باشد (طالبی، ۱۴۰۲الف). فرآیندهای مکان‌یابی به دلیل دخیل بودن معیارهای متعدد پیچیده، مشکل و خسته کننده هستند. حل این مشکل مستلزم طی یک فرآیند منسجم و علمی به‌منظور اتخاذ تصمیمی درست و مبتنی بر اصول علمی است. چنین فرآیندی مستلزم ساختاردهی مسئله در یک قالب روشن است که از یک سو کلیه فاکتورها و معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری را به‌نحو شایسته‌ای در بر گیرد و از سوی دیگر امکان قضاوت‌های آگاهانه و به دور از سردرگم شدن در انبوه مسائل موجود را فراهم سازد (عرب عامری و رامشت، ۱۳۹۵). مکان‌یابی محل‌های دفن زباله مستلزم تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی، اعمال قوانین و لحاظ کردن معیارهای اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی است که استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1] همراه با قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند این نیاز را برآورده سازد (جلیلیان و همکاران، ۱۴۰۰). ترکیب سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[2] و تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، ابزاری مؤثر برای رفع مشکل انتخاب محل دفن پسماند است، زیرا سیستم اطلاعات جغرافیایی پردازش و ارائه کارآمد داده‌ها را ارائه می‌دهد و مدل‌های جغرافیایی، رتبه‌بندی هماهنگ مناطق دفن زباله آینده‌نگر را بر اساس انواع معیارها بیان می‌کنند (رضاپور و دیمه‌ور، ۱۴۰۳).

تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره مجموعه‌ای از روش‌های تحلیلی است که به تصمیم‌گیران در حل مسائل پیچیده و دارای ساختار ضعیف یا ناقص کمک می‌کند و از دانش تصمیم‌گیران و معیارهای موثر در حل این مسائل استفاده می‌کند. این روش با شکستن مساله مکان‌یابی به معیارها، در بررسی و ترکیب آنها در یک روند منطقی، موثر واقع می‌شود (طالبی، ۱۴۰۲ب). این روش می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های مختلفی مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[3] یا تاپسیس[4] (روش بهینه‌سازی ترتیب اولویت بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل)، گزینه‌های مختلف را رتبه‌بندی کرده و بر اساس نیازهای هر منطقه مناسب‌ترین محل را پیشنهاد دهد. همچنین قابلیت ارزیابی تأثیرات بلند مدت بر محیط‌زیست و جامعه و امکان مشارکت ذینفعان مختلف در فرآیند تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند و به شفافیت و دقت در انتخاب نهایی کمک می‌کند (همایون‌آریا و اسدالله فردی، ۱۳۹۳). امروزه استفاده از مدل‌های کاربردی و آماری می‌تواند باعث موفقیت و تداوم برنامه‌ریزی صحیح شود و از دوباره‌کاری و تحمیل هزینه‌های اضافی جلوگیری کند. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند راه‌گشای بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری برای مدیران و برنامه‌ریزان باشد (رضاطلب و قادری، ۱۴۰۲).

تاکنون چندین مطالعه در خصوص مکانیابی محل دفن پسماند جامد شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در ایران و سایر کشورها انجام شده است که می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد:

Kang et al. (۲۰۲۴) با استفاده از یک رویکرد سیستماتیک و عینی از طریق ادغام تصمیم‌گیری چندمعیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، به موضوع حیاتی انتخاب محل دفن زباله در شهر کینشاسا پرداختند. این تحقیق از مجموعه داده‌های مکانی متنوع، شامل عواملی مانند نزدیکی به مناطق مسکونی، دسترسی، کاربری زمین، محدودیت‌های زیست‌محیطی و نزدیکی به منابع آبی، برای تولید نقشه‌های مناسب بودن استفاده کردند. آنها بر اهمیت معیارهای خاص، مانند محدودیت‌های محیط‌زیستی و نزدیکی به منابع آبی، که باید در فرآیند تصمیم‌گیری در

1. MCDM: Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)
2. GIS: Geographic Information System
3. AHP, Analytical Hierarchy process
4. TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

اولویت قرار گیرند، تأکید کردند. Elkhrachy et al. (۲۰۲۳) تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره را برای ارزیابی مناسب بودن و پیشنهاد بهترین مکان‌ها برای مکان‌های دفن زباله با نه معیار تراکم زهکشی، عمق آب‌های زیرزمینی، کاربری زمین، نوع خاک، شبکه جاده، ارتفاع سطح، شیب سطح، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از مناطق حفاظت‌شده در نجران، عربستان سعودی استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسید که به دلیل سد نجران، سطح بالای آب‌های زیرزمینی و تراکم بالای زهکشی، هیچ فضای مناسبی برای مکان‌های دفن زباله در ضلع غربی منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. مناسب‌ترین مکان‌های دفن زباله در بخش‌های شمال شرقی، شمال مرکزی و جنوب مرکزی حوزه آبخیز یافت شدند. مطالعه Bottero et al. (۲۰۱۹) مهم‌ترین معیار در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری را فاصله از مناطق مسکونی معرفی کرند. انصاری و جمالی (۱۴۰۳) بررسی معیارهای مختلف جهت تعیین پهنه‌های مستعد دفن پسماند با مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل سلسله مراتبی فازی با عملگرهای Sum و Gama در شهرستان اوز استان فارس را با ۱۴ معیار شیب زمین، ارتفاع، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی،کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از معدن، فاصله از آثار باستانی، سطح آب زیرزمینی، سرعت و جهت باد مورد مطالعه قرار دادند و بیان کردند معیار آثار باستانی و حوضه آبریز نسبت به معیارهای دیگر دارای وزن بالاتری هستند. طالبی (۱۴۰۲ب) با استفاده از مدل‌سازی تصمیم‌گیری چند شاخصه تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر اردکان را بررسی کرد. در این مطالعه فاصله از مناطق مسکونی بالاترین وزن و شیب پایین‌ترین وزن را در مکان‌یابی جهت دفن پسماند شهری داشته است. باقرآبادی (۱۴۰۱) برای مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان صحنه از تحلیل سلسله مراتبی برای سنجش معیارها و از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای استخراج و پردازش داده‌ها استفاده کرد. در این پژوهش وزن نهایی در تحلیل سلسله مراتبی بالاترین امتیاز به فاصله از جاده‌ها و کمترین امتیاز به فاصله از رودخانه اختصاص داده شد. جلیلیان و همکاران (۱۴۰۰) مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهری شهر کرمانشاه را با استفاده از روش‌های سوارا (SWARA)،کوپراس (COPRAS) به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیا بررسی کردند و منابع آب، نوع خاک و فاصله از زمین‌های کشاورزی مهم‌ترین معیارها و شیب، فاصله از خطوط انتقال نیرو و فاصله از گسل کم اهمیت‌ترین معیارها در مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری گزارش کردند. رضائی‌منفرد و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه خود جهت بررسی گزینه مناسب برای دفع پسماندهای جامد شهری در شهر شیراز از روش بدترین–بهترین فازی استفاده نمودند. در این مطالعه آن‌ها معیار بازیافت انرژی را به‌عنوان گزینه برتر معرفی نمودند. عامری و رامشت (۱۳۹۵) مناسب‌ترین مکان‌های انتخابی به‌منظور دفن پسماند در حوضه شاهرود–بسطام به‌عنوان منطقه مطالعاتی با استفاده از ادغام سیستم اطالعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با ۱۲ معیار موثر شامل طبقات ارتفاعی، تراکم آبراهه، تراکم گسل، تراکم سکونتگاهی، فاصله از جاده، انحنای سطح، لیتولوژی، شیب، دما، نوع خاک، کاربری اراضی و فاصله از مناطق حفاظت شده بررسی کردند و دو پهنه را جهت دفن پسماند معرفی کردند. آن‌ها معیارهای سنگ‌شناسی، کاربری اراضی و شیب را به‌عنوان مهم‌ترین معیار در مکان‌یابی گزارش کردند. اقصایی و سوری (۱۳۹۶) با هدف ارزیابی اراضی شهرستان سنندج جهت دفن پسماندهای شهری مطالعه‌ای را با استفاده از روش وزن‌دهی‌سلسله مراتبی معکوس انجام دادند و مکانی به وسعت ۴۴ هکتار در ۴ کیلومتری شمال غرب سنندج را جهت دفن پسماند جامد مناسب شناسایی و معرفی کردند. نیک‌زاد و همکاران (۱۳۹۶) نسبت به مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل تحلیل فرآیند شبکه‌ای فازی شهرستان علی‌آباد اقدام کردند. آنها در پژوهش خود از معیارهای فاصله از جاده، شیب، ارتفاع از سطح دریا، کاربری، میزان بارش، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق حفاظت شده، زمین‌شناسی، فاصله از شهر و فاصله از روستا استفاده کردند. رنجبر و همکاران (۱۳۹۵) به مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری در کلانشهر تبریز پرداختند. پژوهشگران با تحلیل وضعیت آب‌های زیرزمینی و سازندهای زمین‌شناسی توانستد نقاط نامناسب برای دفن زباله‌ها را شناسایی کنند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده نیاز به مدیریت صحیح دفع زباله‌ها برای حفظ محیط زیست بود. مرادی و حفار (۱۳۹۸) مکان‌یابی محل مناسب دفن زباله در شهر مشهد از طریق مدل تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. نتایج پژوهش نشان می‌دهدکه پهنه‌ها از لحاظ دوری از مراکز شهری، روستایی، صنعتی و تفریحی، همچنین فاصله از معبر اصلی و هزینه‌های حمل و نقل، فاصله از خطوط برق، گسل، آب‌های سطحی بهترین موقعیت را دارا می‌باشد و از لحاظ کاربری بیشتر منطبق بر مراتع فقیر و شیب مناسب جهت دفن زباله پیشنهاد شده است. مکان فعلی دفن زباله واقع در جاده میامی نیز موقعیت نسبتا مناسب باتوجه به معیارهای مکانی را دارا می‌باشد. سپهر و همکاران (۱۳۹۳) مکان‌گزینی مناطق مناسب دفن پسماند خانگی کلانشهر مشهد بر پایه‌ی شاخص‌های ژئومورفیک بـا کمک روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره رتبه‌ای تاپسیس و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، پنج مکان دفن پسماند شناسایی، اولویت‌بندی و مکان‌یابی کردند. رتبه‌بندی مناطق دفن پسماند بر اساس هفت معیار ژئومورفولوژیک شیب، جنس سنگ بستر، فاصله از گسل، فاصله از آب سطحی، عمق آب زیرزمینی، کاربری اراضی و تیپ ژئومورفولوژی انجام گرفته است. نتایج نشان داد که که مکان جدید دفن پسماند واقع در جاده میامی در رتبه‌ی نخست دفن زباله قرار دارد.

افزایش سریع جمعیت و توسعه شهرنشینی در کلان‌شهرهایی مانند مشهد، منجر به تولید حجم عظیمی از زباله‌های جامد شده است. روزانه بیش از دو هزار تن زباله در مشهد تولید می‌شود که این میزان در تابستان و اوج حضور زائران، به بیش از ۳ هزار تن می‌رسد (صابری‌فر و صادقی‌حصار، ۱۳۹۷). یکی از چالش‌های اصلی مشهد در زمینه مدیریت پسماند، مکان‌یابی بهینه محل دفن زباله‌ها است این موضوع بـرای شهر مشهد به دلیل برخورداری از توانایی‌های بالقوه طبیعی و چشم‌اندازهای اکولوژیک، جاذبه زیارتی وجود حرم مطهر امام رضا (ع) و همچنین به‌عنوان یکی از مناطق مهم توریستی

شرق کشور، از اهمیت ویژه برخوردار است (سپهر و همکاران، ۱۳۹۳). لیکن عدم توجه صحیح به مقوله مکان‌یابی و توجه صرف به این مقوله تنها از لحاظ اینکه بتوان صرفاً به یک مکان‌یابی با چند پارامتر خاص توجه نمود راه را اشتباه رفته و با لحاظ کردن بیشتر پارامترهای به روز و موجود همراه با مقایسه روش‌های مختلف تصمیم‌گیری نه تنها می‌توان به حفظ محیط‌زیست شهری کمک کرد، بلکه بر مخاطرات طبیعی در آینده نزدیک فائق آمد و در واقع به توسعه پایدار رسید (سروش، ۱۳۹۸). محل فعلی دفن زباله واقع در جاده میامی از لحاظ اجتماعی شرایط نامطلوبی دارد که بیشتر مردم مجاور از وضعیت موجود ناراضی‌اند، که برای به حداقل رساندن ضعف‌های موجود و تهدیدهای آینده آن راهکارهایی در این راستا داده شده است. همچنین باید خاطر نشان کرد که عوامل دیگر مثل عمر مفید دفنگاه نیز یکی از مهم‌ترین عواملی است که مورد توجه قرار می‌گیرد، عمر مفید دفنگاه میامی چیزی حدود ۱۰ سال و شاید کمتر تخمین زده می‌شود، درصورتی که استاندارد عمر مفید دفنگاه پسماند شهری حدود ۲۰ تا ۲۵ سال پیش‌بینی شده است (مرادی و حفار، ۱۳۹۸). لذا بررسی وضعیت فعلی دفن زباله و مکان‌یابی جدید جهت دفن زباله‌های شهر مشهد ضروری می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش سلسله مراتبی، مکان مناسب دفن بهداشتی زباله‌ها در شهرستان مشهد بررسی و شناسایی شده است. در این تحقیق کاربردی با توجه به پارامترهای موجود در منطقه و بررسی شرایط مختلف سعی شده است مکانی برای دفن زباله انتخاب شود که حداقل آسیب و ضرر احتمالی به محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها را در پی داشته باشد. این مطالعه ضمن معرفی معیارهای مکان‌یابی محل دفن زباله به دنبال پاسخ به پرسش‌های زیر است:

مشخصات مکانی محل بهینه دفن مواد زائد برای محدوده مطالعاتی که منطبق با معیارهای محیط‌زیستی و دارای شرایط مناسب‌تری نسبت به محل دفن فعلی مواد زائد این شهر باشد چیست؟

بهترین مدلی که می‌توان جهت انجام عملیات مکان‌یابی در سیستم اطلاعات جغرافیایی برای انتخاب بهترین مکان‌ها جهت دفن مواد زائد بکار برد چه مدلی می‌باشد؟

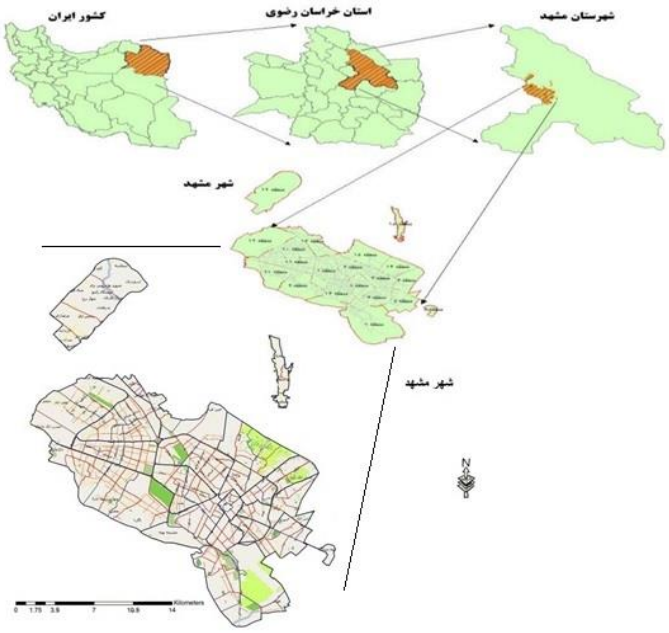
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی با وسعت ۳۴۳۴۵ هکتار مساحت، واقع در شمال شرقی استان خراسان با ۳۰۶۲۲۴۲ نفر جمعیت به‌عنوان دومین شهر پر جمعیت ایران بعد از شهر تهران است. این شهر در مدار جغرافیایی ۳۶/۱۱ تا ۳۶/۲۹ عرض شمالی و ۵۹/۲۷ تا ۵۹/۴۳ طول شرقی قرار گرفته است (آمارنامه شهر مشهد، ۱۴۰۲). به‌طور متوسط ارتفاع از سطح دریا حدود ۹۹۰ متر و جهت باد غالب از غرب به شرق است. آب و هوای نسبتا خشک، و از لحاظ موقعیت زلزله خیزی ناحیه زلزله خیز با خطر نسبی متوسط تا زیاد می‌باشد (بیستمین آمارنامه حمل ونقل شهر مشهد، ۱۴۰۳). به‌دلیل ارتفاع زیاد و موقعیت جغرافیایی آن دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است. دما در فصل تابستان می‌تواند به بالای ۳۵ درجه سلسیوس برسد، در حالی‌که در زمستان، دما به زیر صفر نیز می‌رسد. میانگین بارش سالانه در این منطقه حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است که عمدتاً در فصول پاییز و زمستان رخ می‌دهد. این بارش‌ها بیشتر به‌صورت برف در ارتفاعات و باران در دشت‌ها مشاهده می‌شود (سالنامه آماری هواشناسی استان خراسان رضوی، ۱۴۰۱). موقعیت شهر مشهد در شکل (۱) به‌صورت منطقه‌ی قرمزرنگ مشخص شده است. با توجه به وجود مکان زیارتی حضرت علی ابن موسی الرضا (ع) و سایر جاذبه‌های گردشگری دراین شهر سالانه حدود ۱۳ میلیون زائر به مشهد سفر می‌کنند (دوازدهمین آمارنامه‌ی حمل ونقل شهر مشهد، ۱۳۹۵).

۲-۲- مواد و روش‌ها

انتخاب محل مناسب جهت دفن زباله شهری نیازمند بررسی‌های دقیق منطقه از دیدگاه‌های مختلف از جمله وضعیت زمین‌شناسی منطقه، اقلیم، وضعیت آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (سازمان نقشه‌برداری کشور ارزیابی شیب زمین و شناسایی مناطق مناسب از نظر پایداری زمین برای دفن پسماند)، داده‌های زمین‌شناسی (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران: بررسی نوع خاک و لایه‌های زمین‌شناسی برای ارزیابی پایداری مناطق و جلوگیری از خطر زمین لغزش و نشست)، نقشه‌های کاربردی اراضی (شهرداری مشهد: بررسی نزدیکی به مناطق مسکونی، توریستی و صنعتی و شناسایی اراضی مناسب برای دفن پسماند با کمترین تاثیر اجتماعی)، داده‌های هیدرولوژیک (وزارت نیرو و شرکت آب منطقه‌ای: ارزیابی نزدیکی به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی برای جلوگیری از آلودگی منابع آب)، نقشه‌های حفاظت محیط زیست (سازمان حفاظت محیط زیست: شناسایی مناطق حفاظت شده و حساس زیست‌محیطی برای جلوگیری از تخریب زیستگاه‌های طبیعی وحیات وحش) و داده‌های جمعیتی (مرکز آمار ایران: ارزیابی تراکم جمعیت و فاصله مناسب از مناطق پرجمعیت برای کاهش تاثیرات منفی دفن پسماند برای سلامت عمومی) جهت تعیین معیارهای کلیدی برای مکان‌یابی دفنگاه‌های زباله صورت پذیرفت. معیارهای مورد مطالعه شامل یازده معیار فاصله از روستا، فاصله از شهر، میزان شیب منطقه، پوشش گیاهی، فاصله از نقاط توریستی، فاصله از قطب صنعتی، فاصله از گسل، ارتفاع از سطح دریا، فاصله تا منابع آب زیر زمینی، بافت خاک و ریخت‌شناسی زمین می‌باشد. تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی برای انتخاب محل دفن پسماند جامد شهری در دو مرحله انجام شد:



شکل(۱): نقشه مورد مطالعه شهر مشهد (ماخذ: قنبری و همکاران، ۱۴۰۳، آمارنامه شهر مشهد، ۱۴۰۲)

مرحله اول: در این مرحله، از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای شناسایی مکان‌های نامناسب بر اساس معیارهای از پیش تعیین‌شده استفاده شد. هر معیار به چهار کلاس مناسب‌سازی تقسیم شد، مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتا نامناسب، نامناسب (محدودشده). این کلاس‌ها به ترتیب از ۱ تا ۴ رتبه‌بندی شدند.

مرحله دوم: فرآیند تحلیل، وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی موضوعی با دقت و شفافیت بالایی انجام گرفت. این فرآیند با مشارکت ۱۴ کارشناس خبره صورت پذیرفت تا از جامعیت و اعتبار نتایج اطمینان حاصل شود. این گروه از متخصصان شامل دانشگاهیان برجسته در حوزه محیط زیست، محققان بخش خصوصی فعال در این صنعت و کارکنان باتجربه سازمان‌های نظارتی شهرداری مشهد بودند که به‌طور مستقیم با چالش‌های مربوط به مدیریت پسماندهای جامد سروکار دارند. برای تعیین وزن هر معیار، از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. در این روش، ابتدا نقشه‌های موضوعی باز طبقه‌بندی شده و سپس مقایسه‌های زوجی بین کلاس‌ها و معیارها توسط کارشناسان صورت گرفت. قضاوت‌های خبرگان در قالب ماتریس‌های مقایسه‌ای در نرم‌افزار Microsoft Excel ثبت و تجزیه و تحلیل شد. برای رسیدن به اجماع در خصوص وزن نهایی هر معیار، از تکنیک‌های استاندارد تحلیل سلسله مراتبی و محاسبات مربوطه بهره گرفته شد تا اطمینان حاصل شود که وزن‌های تخصیص یافته، بازتاب‌دهنده توافق جمعی و اولویت‌های مشترک متخصصان در این حوزه است.

آماده‌سازی اطلاعات جهت تجزیه و تحلیل و وارد کردن اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی، اعمال حریم مناسب برای عوارض طبیعی و مصنوعی براساس معیارهای در نظر گرفته شده وزن‌دهی متغیرها و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی صورت گرفت. در پژوهش حاضر معیارها برای حذف مناطق نامناسب مرتبط با محل دفن پسماندها تعیین شدند. از این‌رو وزن و امتیاز برای هر یک از معیارهای جدول (۱) پس از تهیه لایه‌ها و روی هم قرار دادن آنها مکان‌های مناسب و نامناسب برای دفن پسماند انتخاب می‌گردند.

در این تحقیق سه مکان جاده قدیم نیشابور، دفنگاه میامی و جاده سیمان برای انتخاب بهترین مکان دفن زباله شهر مشهد مشخص شدند. سپس معیارهای موثر در انتخاب مکان دفن مانند فاصله از مناطق مسکونی، منابع آب و دیگر عوامل زیست محیطی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی طبقه‌بندی و امتیازدهی شدند. پس از انتخاب محل دفن، ارزیابی اثرات[1] به‌عنوان یکی از الزامات قانونی و علمی، برای بررسی تأثیرات محل دفن بر محیط‌زیست صورت پذیرفت. در این فرآیند، جنبه‌های مختلف از جمله آلودگی آب و خاک، تولید گازهای گلخانه‌ای، پخش بو و گرد و غبار و تأثیرات اجتماعی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس این امتیازدهی، مناطق در چهار دسته مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب تقسیم‌بندی شدند. درنهایت مکان دفن مناسب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی گردید.

1. EIA: Environmental Impact Assessment

جدول (۱): معیارهای مکان‌یابی دفن پسماند

	امتیاز کیفی	طبقه		امتیاز کیفی	طبقه
فاصله از شهر	مناسب	بیشتر از ۱۵ کیلومتر	**فاصله ازگسل**	مناسب	بیش از ۲۰ کیلومتر
	نسبتا مناسب	بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر		نسبتا مناسب	بین ۱۵ تا ۲۰ کیلومتر
	نسبتا نامناسب	بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر		نسبتا نامناسب	بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر
	نامناسب	کمتر از ۵ کیلومتر		نامناسب	کمتر از ۱۰ کیلومتر
فاصله از روستا	مناسب	بیشتر از ۱۰ کیلومتر	**ارتفاع از سطح دریا (متر)**	مناسب	بالاتر از ۱۴۰۰ متر
	نسبتا مناسب	بین ۷ تا ۱۰ کیلومتر		نسبتا مناسب	بین ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ متر
	نسبتا نامناسب	بین ۴ تا ۷ کیلومتر		نسبتا نامناسب	بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ متر
	نامناسب	کمتر از ۴ کیلومتر		نامناسب	کمتر از ۱۰۰۰ متر
محدوده شیب	مناسب	۰ تا ۵ درصد	**فاصله از منابع آب زیرزمینی (کیلومتر)**	مناسب	بیش از ۱۵ کیلومتر
	نسبتا مناسب	۵ تا ۱۰ درصد		نسبتا مناسب	بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر
	نسبتا نامناسب	۱۰ تا ۱۵ درصد		نسبتا نامناسب	بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر
	نامناسب	بیشتر از ۱۵ درصد		نامناسب	کمتر از ۵ کیلومتر
محدوده پوشش گیاهی	مناسب	کمتر از ۱۰ درصد	**فاصله تا نقطه توریستی**	مناسب	بیش از ۲۰ کیلومتر
	نسبتا مناسب	بین ۱۰ تا ۲۵ درصد		نسبتا مناسب	بین ۱۵ تا ۲۰کیلومتر
	نسبتا نامناسب	بین ۲۵ تا ۵۰ درصد		نسبتا نامناسب	بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر
	نامناسب	بیشتر از ۵۰ درصد		نامناسب	کمتر از ۱۰ کیلومتر
ویژگی بافت خاک	مناسب	بافت ریزدانه (رس، سیلت)	**ریخت‌شناسی زمین**	مناسب	زمین‌های هموار با ارتفاع یکنواخت
	نسبتا مناسب	بافت نیمه ریزدانه (رسی – شنی)		نسبتا مناسب	زمین‌های با پستی و بلندی کم
	نسبتا نامناسب	بافت درشت دانه (شنی- رسی)		نسبتا نامناسب	زمین‌های با پستی و بلندی متوسط
	نامناسب	بافت بسیار درشت دانه (شن و ماسه)		نامناسب	زمین‌های ناهموار و پر از پستی و بلندی
فاصله تا نقطه صنعتی	مناسب	بیش از ۲۰ کیلومتر			
	نسبتا مناسب	بین ۱۵ تا ۲۰کیلومتر			
	نسبتا نامناسب	بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر			
	نامناسب	کمتر از ۱۰ کیلومتر			

روش تحلیل سلسله‌مراتبی توسط Satty (۱۹۷۰) پیشنهاد شده این روش می‌شود، مانند آنچه در مغز انسان انجام به تجزیه و تحلیل مسائل پردازد (تاج‌الدینی و همکاران، ۱۴۰۱) و از عناصری مانند هدف‌ها، معیارها یا مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی است که در اولویت‌بندی به‌کار گرفته می‌شوند. در این روش از مقایسه‌های بین معیارها به‌صورت دوتایی استفاده شده و وزن‌های نسبتی را به‌عنوان خروجی ایجاد می‌کند (باقرآبادی، ۱۴۰۱). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک نظریه اندازه‌گیری مبتنی بر مقایسه‌های زوجی است که از نظر کارشناسان برای ایجاد مقیاس‌های اولویت استفاده می‌کند. مقایسه‌ها با استفاده از یک مقیاس قضاوت مطلق انجام می‌شوند که نشان می‌دهد یک عنصر از نظر یک ویژگی خاص چقدر بر عنصر دیگر غالب است. تحلیل سلسله مراتبی از یک روش ثابت برای تبدیل مقایسه‌های زوجی به مجموعه‌ای از اعداد صحیح استفاده می‌کند که اهمیت نسبی هر معیار را نشان می‌دهد. به هر کلاس بر اساس سطح پتانسیل آن در انتخاب محل دفن زباله، وزن خاصی از ۱۰ تا ۱۰۰ اختصاص داده می‌شود و سپس هر مقدار بر اساس وزن آن در ماتریس مقیاس‌بندی می‌شود. این وزن‌ها بر اساس قضاوت کارشناسان، ادبیات زمین‌شناسی، کشاورزی و هیدرولوژی و برخی از وزن‌ها بر اساس مطالعات قبلی در موضوعات مرتبط تعیین شده‌اند. آخرین مرحله در تحلیل تحلیل سلسله مراتبی محاسبه نسبت سازگاری (CR) است که میزان سازگاری ارزیابی‌ها را در مقایسه با نمونه‌های وسیعی از قضاوت‌های صرفاً تصادفی اندازه‌گیری می‌کند. اگر CR به‌طور قابل توجهی بالاتر از ۰/۱ باشد، قضاوت‌ها غیرقابل اعتماد هستند زیرا خیلی به تصادفی بودن نزدیک هستند و این تمرین یا بی‌فایده است یا باید دوباره انجام شود (Arabeyyat et al., 2024). نرخ ناسزگاری کلی برابر ۰/۰۶۷۵ به‌دست آمد.

جهت مقایسه زوجی معیارها در ابتد ابرای هر یک از لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی شده، به‌منظور مقایسات زوجی از یک ماتریس K×K استفاده می‌شود تا اهمیت نسبی هر شاخص نسبت به شاخص دیگر در رابطه با خصوصیت مورد نظر مشخص گردد. هر چه ارزش یک شاخص نسبت به شاخص دیگر بالاتر باشد، امتیاز بیشتری به آن شاخص تعلق می‌گیرد (سروش، ۱۳۹۸). ماتریس مقایسه زوجی همه معیارهای مؤثر در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری در منطقه مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است.

۳- نتایج

در این پژوهش با ارائه اولویت معیارها برای مکان‌یابی محل دفن روشی ارائه شد که مدیران اجرایی بتوانند گزینه مناسب برای مکان مناسب دفن پسماند را در شهرستان مشهد انتخاب کنند. با مشخص شدن معیارهای اصلی، لایه‌های مرتبط با آنها تهیه و وزن‌دهی نقشه‌های خروجی تهیه گردید. سپس با توجه به فاصله و دوری و نزدیکی آن معیار به منطقه مورد مطالعه جهت دفن پسماند، لایه‌های ایجاد شده مطابق جدول (۳) طبقه‌بندی و مطابق شکل‌های (۲) وزن‌دهی شدند.

جدول (۲): ماتریس مقایسه زوجی معیارها

	فاصله از روستا	فاصله از شهر	میزان شیب منطقه	پوشش گیاهی	فاصله از نقاط توریستی	فاصله از قطب صنعتی	فاصله از گسل	ارتفاع از سطح دریا	فاصله تا منابع آب زیرزمینی	بافت خاک	ریخت شناسی
فاصله از روستا	۱	۱/۳	۱/۳	۳	۳	۳	۵	۷	۱/۵	۱/۵	۳
فاصله از شهر		۱	۱/۳	۳	۳	۳	۵	۷	۱/۵	۱/۳	۵
میزان شیب منطقه			۱	۵	۵	۷	۷	۷	۱/۳	۱/۳	۳
پوشش گیاهی				۱	۳	۳	۳	۳	۱/۵	۱/۵	۳
فاصله از نقاط توریستی					۱	۳	۳	۱/۳	۱/۷	۱/۵	۳
فاصله از قطب صنعتی						۱	۳	۳	۱/۷	۱/۵	۳
فاصله از گسل							۱	۳	۱/۵	۱/۳	۳
ارتفاع از سطح دریا								۱	۱/۷	۵	۳
فاصله تا منابع آب زیرزمینی									۱	۵	۷
بافت خاک										۱	۵
ریخت‌شناسی زمین											۱

جدول (۳): وزن نهایی نرمال به‌دست آمده توسط روش تحلیل سلسله مراتبی

معیار	وزن نرمال معیار
فاصله از روستا (کیلومتر)	۰/۱۱۲۳
فاصله از شهر (کیلومتر)	۰/۱۳۶۸
میزان شیب منطقه (درجه)	۰/۱۹۷۸
پوشش گیاهی (درصد)	۰/۲۹۴۱
فاصله از نقاط توریستی (کیلومتر)	۰/۰۴۵۶
فاصله از قطب صنعتی (کیلومتر)	۰/۰۶۱۴
فاصله از گسل (کیلومتر)	۰/۰۸۳۳
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۰/۰۲۹۹
فاصله تا منابع آب زیرزمینی (متر)	۰/۰۳۸۷
بافت خاک	۰/۱۸۷۳
ریخت‌شناسی زمین	۰/۰۵۵۶۲

فاصله از شهر: حداقل فاصله مرکز دفن به میزان ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و حتی۲۰ کیلومتر از شهرها در مراجع مختلف عنوان شده است. همچنین به‌دلیل مسائل اقتصادی حمل پسماند، حداکثر فاصله مرکز دفن از شهرها ۱۵، ۲۰، ۳۰ یا ۳۵ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود (رمضانی و قنبرزاده لک، ۱۴۰۰). با توجه به شکل (۲) فاصله از شهر به ۴ طبقه تقسیم‌بندی گردید که شامل بیشتر از ۱۵ کیلومتر، بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر، بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر و کمتر از ۵ کیلومتر می‌باشد که هر چه بیشتر باشد امتیاز بالاتری دارد. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۵ به‌دست آمد.

فاصله از روستا: حداقل فاصله مرکز دفن از مراکز روستایی معادل اعداد ۳۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰ متر و حتی فواصل بیش از ۱۰ کیلومتر در مراجع مختلف ذکر شده است (رمضانی و قنبرزاده لک، ۱۴۰۰). . از این‌رو، فاصله حداقلی ۴ کیلومتر از روستاها در نظر گرفته شد و منطقه مورد مطالعه به چهار کلاس مناسب‌سازی تقسیم شد: کمتر از ۴ کیلومتر، ۴ تا ۷ کیلومتر، ۷ تا۱۰ کیلومتر و بیش از ۱۰ کیلومتر. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۲ به‌دست آمد.

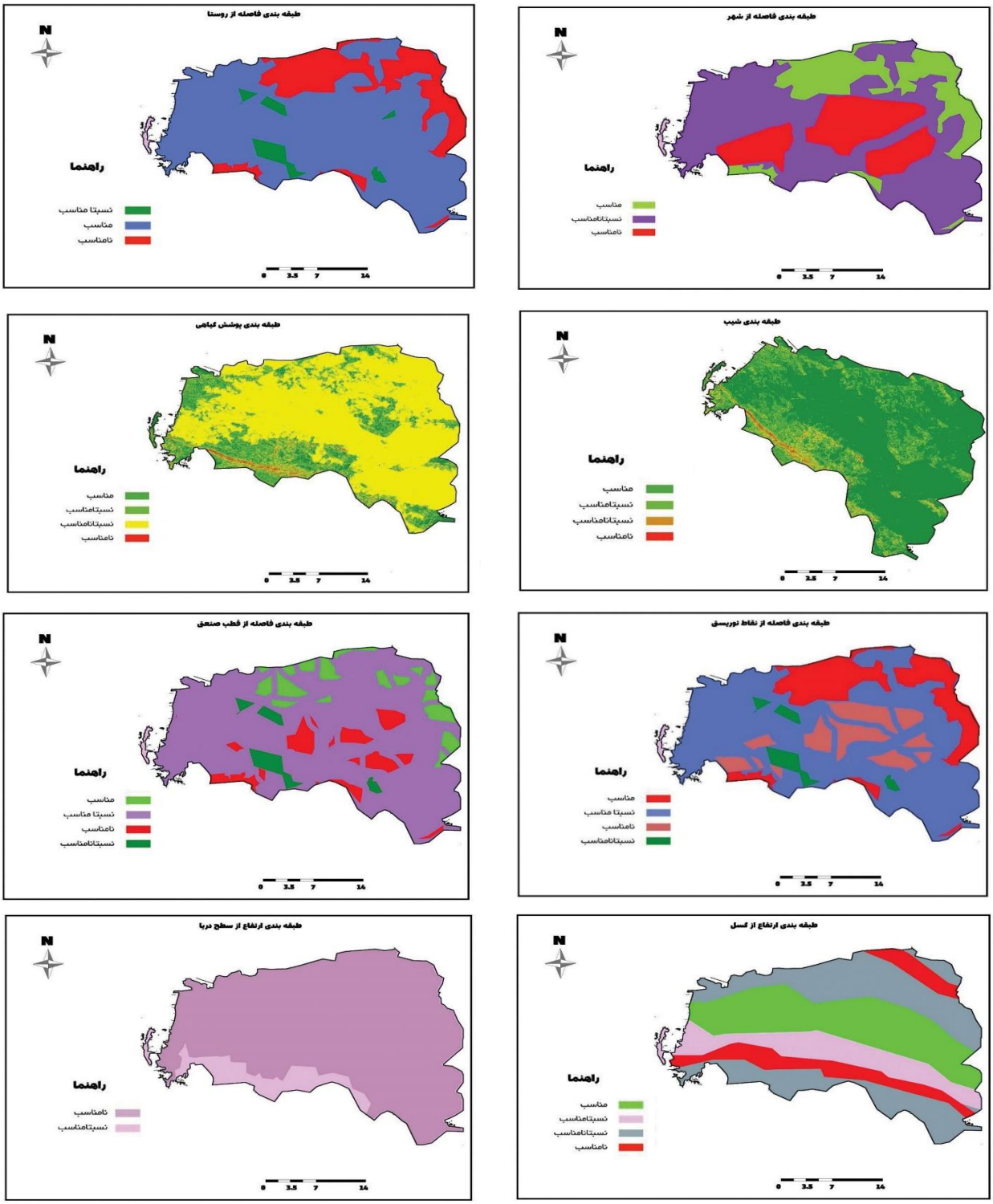
میزان شیب: از جمله معیارهای مهم در مکان‌یابی پسماند دفن این پژوهش می‌باشد. به‌منظور تعیین مکان مناسب جهت دفن زباله باید به جهت حرکت آب‌های سطحی منطقهٔ مورد مطالعه توجه شود و محل دفن زباله باید در جایی قرار گیرد که از ورود آب‌های سطحی بالا دست به داخل گودال‌های دفن جلوگیری به عمل آید (طالبی، ۱۴۰۲الف). به توجه شکل (۲) شیب به ۴ طبقه تقسیم‌بندی گردیده است که شامل کمتر ۵ درصد، ۵ تا ۱۰ درصد، ۱۰تا ۱۵ درصد و بیشتر از ۱۵ درصد می‌باشد. در این نقشه هرچه شیب کمتر باشد امتیاز ۱۰۰و هرچه شیب بیشتر باشد به امتیاز ۲۰ نزدیک می‌شود. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۵ به‌دست آمد.

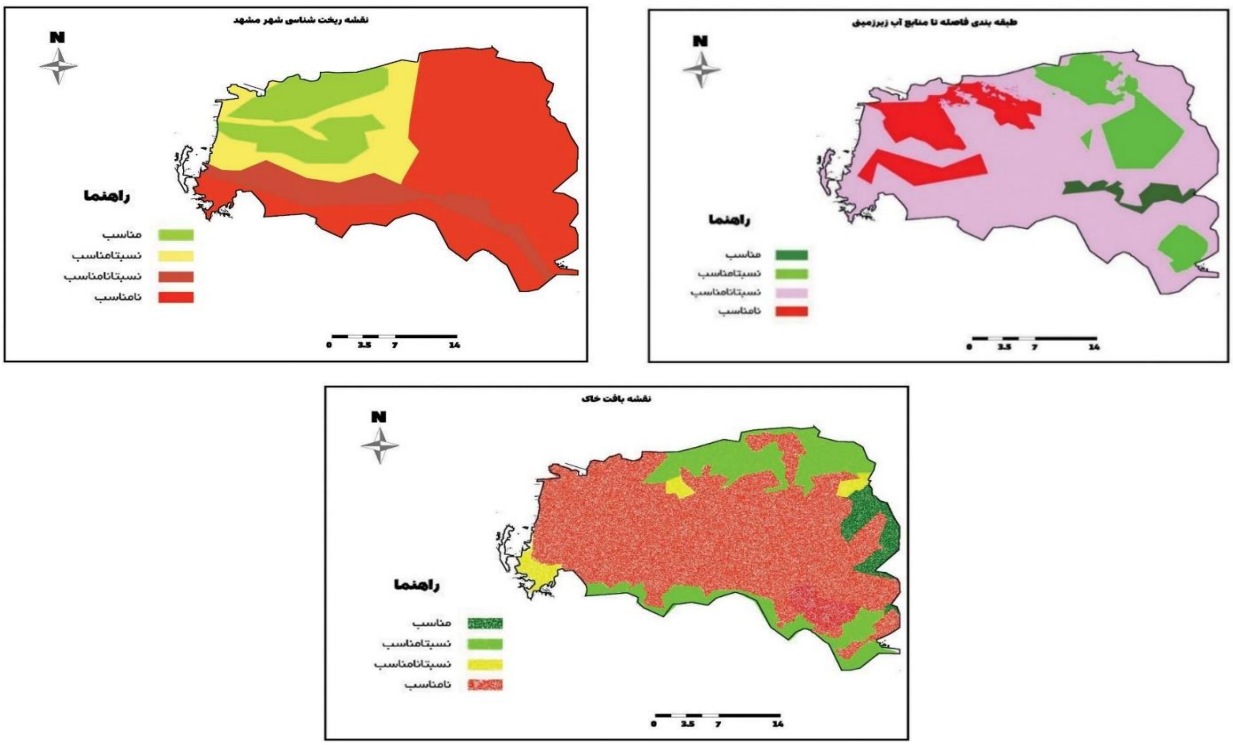
پوشش گیاهی: معیار پوشش گیاهی به‌منظور حفظ ارزش اراضی و ممانعت از تخریب مناطق جنگلی و مراتع به کاربرده می شود و اساس طبقه‌بندی این معیار انتخاب مکان‌های مورد نظر با کمترین تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی می‌باشد. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۷ به‌دست آمد.

فاصله از نقاط توریستی: مناطق مهم از قبیل مناطق توریستی، باستانی و گردشگری از جمله مناطقی هستند که باید درانتخاب و مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند به آن پرداخته شود. پرداختن به این مقوله هم از نظر گردشگری و هم از نظر چشم اندازهای توسعه شهری در آیند امری غیرقابل انکار

محسوب می‌شود (مجلل و همکاران، ۱۳۹۸). از این‌رو فاصله حداقل ۱۰ تا بیش ا ز ۲۰ کیلومتر در نظر گرفته شد. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۱ به‌دست آمد.

فاصله از قطب صنعتی: مراکز کارخانه‌ها و کارگاه‌های سطح شهر و پیرامون شهر از جمله مراکز آلوده کننده منابع محیطی است. هر واحد صنعتی بسته به نوع فعالیت پسماندهای مخصوص به خود را دارد بنابراین ایجاد سایت دفن زباله‌های جامد در مجاورت این مناطق می‌تواند در ترکیب با آلاینده‌های صنعتی ترکیبات آلوده کننده و مضرتری را به وجود بیارود. همچنین، برخی از این کارگاه‌های صنعتی تولیدکنندهٔ مواد غذایی و خوراکی انسان و یا دام است که این مواد زائد می‌تواند در آلوده کردن و مسائل بهداشتی آنها تأثیر بگذارد از این‌رو رعایت فاصله از این مناطق برای مکان‌یابی دفن زباله بسیار حائز اهمیت است (شریفی و همکاران، ۱۴۰۳). نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۶ به‌دست آمد.





شکل(۲): عوامل موثر در مکان‌یابی دفن پسماند، فاصله از شهر، فاصله از روستا، میزان شیب منطقه (درجه)، پوشش گیاهی (درصد)، فاصله از نقاط توریستی (کیلومتر)، فاصله از قطب صنعتی (کیلومتر)، فاصله از گسل (کیلومتر)، ارتفاع از سطح دریا (متر)، فاصله تا منابع آب زیر زمینی (متر)، بافت خاک، ریخت شناسی زمین

نزدیکی به گسل‌ها: داده‌های مربوط به گسل‌ها از نقشه زمین‌شناسی منطقه که توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده بود، دیجیتالی شد. وجود گسل‌ها می‌تواند یکپارچگی محل دفن زباله را تحت تأثیر قرار داده و موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی شود. از این‌رو، حریم حداقلی ۱۰ کیلومتر اطراف گسل‌ها در نظر گرفته شد و منطقه مورد مطالعه به چهار کلاس مناسب‌سازی تقسیم شد: کمتر از ۱۰ کیلومتر، ۱۰– ۱۵ کیلومتر، ۱۵–۲۰ کیلومتر و بیش از ۲۰ کیلومتر . نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۸ به‌دست آمد.

ویژگی‌های بافت خاک: جنس مناسب خاک سطحی از منظر احداث مرکز دفن، رس سیلتی و پس از آن شن سیلتی می‌باشد. لندفیل نباید در زمین‌های با بافت شنی کم عمق و زهکشی بالا اجرا گردد (رمضانی و قنبرزاده لک، ۱۴۰۰). این به دلیل جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی است، لذا محل دفن زباله‌های جامد شهری باید در مناطقی با خاک‌هایی با نفوذپذیری پایین و ظرفیت جذب طبیعی بالا قرار گیرد. از این‌رو، منطقه مورد مطالعه به کلاس‌های مناسب‌سازی تقسیم شد. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۷ به‌دست آمد.

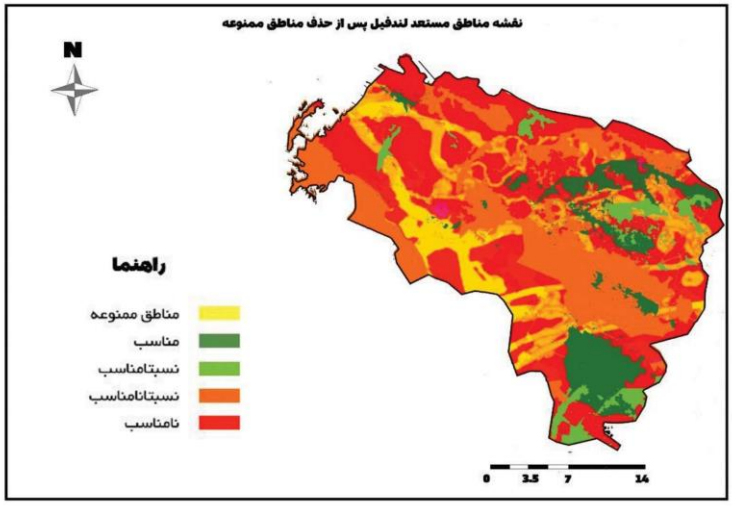
ارتفاع از سطح دریا: ارتفاع نقش مهمی را در سطح زمین و فرآیندهای جوی ایفا می‌کند و برای اقتباس ویژگی‌های محیطی مثل هیپسومتری، جهت، شیب، حوزه‌های آبخیز و پروفیل طولی به‌کار می رود (یوسفی روبیات و همکاران، ۱۴۰۱). منطقه مورد مطالعه به چهار کلاس مناسب‌سازی تقسیم شد: کمتر از ۱۰۰۰ متر، ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ متر، ۱۲۰۰ تا۱۴۰۰ متر و بیش از ۱۴۰۰ متر. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۲ به‌دست آمد.

موقعیت آب‌های زیرزمینی: قنات‌ها و چاه‌ها نیز از معیارهای مهم دفن پسمان می‌باشد که باید بررسی شود. این مسئله از این جهت حائز اهمیت است که محل دفع می‌تواند باعث آلودگی منابع آبریز زمینی شود. این منابع ممکن است برای مصارف آب شرب یا کشاورزی استفاده شوند که در این‌صورت آلودگی آنها خسارات جبران ناپذیری را وارد خواهد ساخت (پورخسروانی و همکاران، ۱۳۹۶). به توجه شکل (۲) فاصله از منابع آب‌های زیر زمینی به ۴ طبقه تقسیم‌بندی گردیده است که شامل کمتر از ۵، ۵ تا ۱۰ ، ۱۰ تا ۱۵ و بیشتر از ۱۵ کیلومتر می‌باشد. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۳ به‌دست آمد.

ریخت‌شناسی زمین: تعیین ریخت‌شناسی و توپوگرافی به دلیل موثر بودن بر نوع عملیات، روش دفن، طراحی زهکشی‌های منطقه و تعیین تراز آب‌های زیرزمینی و همچنین کاربری‌های آتی از زمین و توسعه آنها با ارزش و دارای اهمیت است (عابدینی و سرایی، ۱۴۰۲). ریخت‌شناسی در ۴ طبقه زمین‌های هموار با ارتفاع یکنواخت، زمین‌های با پستی و بلندی کم، زمین‌های با پستی و بلندی متوسط، زمین‌های ناهموار و پر از پستی و بلندی تقسیم‌بندی گردید. امتیاز نهایی هر معیار از جمع کردن ضرب مقادیر معیارها در وزن‌های نرمال مربوطه به شرح زیر می‌باشد. نسبت سازگاری CR برای این ماتریس محاسبه و ۰/۰۴ به‌دست آمد.

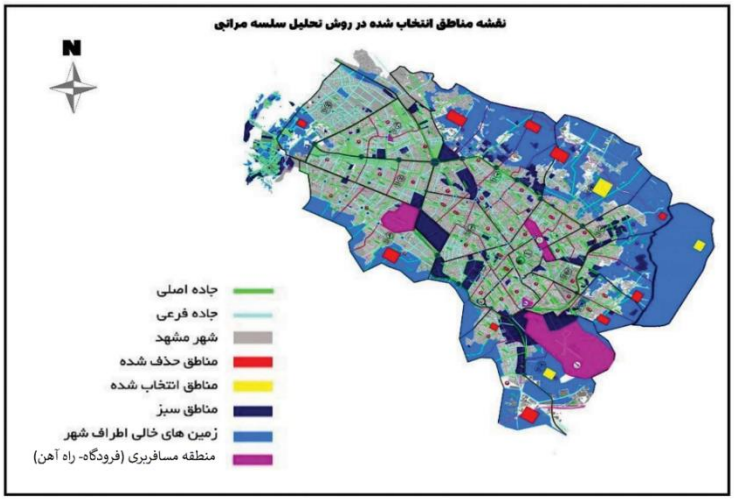
پس از تعیین وزن‌های معیارها و دسته‌های مختلف آن‌ها، لایه‌های اطلاعاتی با در نظر گرفتن اهمیت نسبی هرکلاس در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به لایه‌های رستری تبدیل شدند. سپس تمام این لایه‌های رستری روی هم قرار داده شده و با هم ادغام شدند. نتایج حاصل از محاسبات رستری، امتیازات مناطق را در محدوده ۱/۱۷تا ۱/۳۵ قرار داد.

بعد از حذف مناطق ممنوعه ۳ پهنه‌ی مستعد دفن پسماند شناسایی شد که در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است. سپس مناطق شناسایی شد با معیارهای موثر در انتخاب مکان دفن مانند فاصله از مناطق مسکونی، منابع آب و دیگر عوامل محیط‌زیستی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی طبقه‌بندی و امتیازدهی شدند (جدول ۴).



شکل (۳): نقشه مناطق مستعد لندفیل پس از حذف مناطق ممنوعه

برای محاسبه امتیاز نهایی هر مکان در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، از وزن‌های نرمالی که قبلاً در جدول (۳) نشان داده شده است استفاده شد. این وزن‌ها نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر معیار هستند و به‌عنوان ضریبی عمل می‌کنند که تأثیر هر معیار در ارزیابی نهایی را تعیین می‌کند. در این مرحله، برای هر مکان ابتدا مقدار عددی مربوط به هر معیار در وزن نرمال آن معیار ضرب می‌شود. این عمل برای همه معیارها انجام می‌شود، به این معنی که هر معیار با توجه به وزن نرمال خود سهمی از امتیاز کلی مکان را تشکیل می‌دهد. به‌عبارت دیگر، امتیاز نهایی یک مکان برابر است با جمع کل امتیازهای وزن‌دهی‌شده مربوط به هر معیار. این امتیاز نهایی به ما کمک می‌کند تا مکان‌ها را به‌صورت کمی مقایسه کرده و مناسب‌ترین گزینه را بر اساس تمامی معیارها شناسایی کنیم. وزن نهایی ۳ منطقه نهایی در جدول (۵) نشان داده شده است. پهنه‌ی موجود در جاده سیمان بالاترین امتیاز را جهت دفن پسماند به‌دست آورد.



شکل (٤): نقشه مناطق انتخاب شده در روش تحلیل سلسله مراتبی

جدول (٤): محاسبه امتیاز نهایی معیار با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

محل بررسی	مقدار نرمال شده	وزن نرمال معیار	امتیاز نهایی معیار
جاده قدیم نیشابور	۰/۵۵۵۵	۰/۱۱۲۳	۰/۰۵۶۱۵
دفنگاه میامی	۰/۸۳۳۳	۰/۱۱۲۳	۰/۰۹۳۵
جاده سیمان	۱	۰/۱۱۲۳	۰/۱۱۲۳

جدول (٥): امتیاز نهایی مکان‌های مورد بررسی

محل بررسی	مجموع امتیاز نهایی معیارها
جاده قدیم نیشابور	۰/۲۷۶۱۵
دفنگاه میامی	۰/۳۷۹۱
جاده سیمان	۱/۰۳۴

٤- بحث

نقشه انتخاب محل دفن زباله با ادغام پارامترها با استفاده از روش همپوشانی شاخص وزنی برای ترکیب لایه‌های موضوعی ایجاد می‌شود. این نقشه‌ها نشان‌دهنده احتمال نسبی هر پیکسل هستند که پتانسیل وجود دفن زباله در آن منطقه را نشان می‌دهد. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معیارهای متنوع محیط‌زیستی به‌طور سیستماتیک بررسی و نتایج دقیق و معتبر برای انتخاب بهترین مکان مشخص گردید. یافته‌های این مطالعه با ارائه ابزاری عملی برای برنامه‌ریزی کاربری زمین، درک انتخاب محل دفن زباله در منطقه البلقاء را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد و نشان می‌دهد که مکان‌های دفن زباله انتخاب شده می‌توانند زباله‌ها را برای بیش از ۲۵ سال در خود جای دهند، در نتیجه منابع زمین را بهینه کرده و هزینه‌ها را کاهش می‌دهند. شناسایی دو یا سه مکان با پتانسیل بسیار بالا، انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری در مدیریت پسماند را ارائه می‌دهد و طبقه‌بندی مناطق مناسب بسیار بالا و بسیار پایین، از مناطق حساس از نظر زیست‌محیطی محافظت می‌کند. علاوه‌بر این، این یافته‌ها شفافیت و مشارکت عمومی را ارتقا می‌دهد که می‌تواند به کاهش درگیری‌ها کمک کند و رویکردی پایدارتر از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی را برای مدیریت پسماند در منطقه تضمین کند.

معیارهای پوشش گیاهی، میزان شیب منطقه، بافت خاک، فاصله از شهر، فاصله از روستا به ترتیب وزن بالاتری را نسبت دیگر معیارها جهت شناسایی محل دفن پسماند به‌دست آوردند. از دیگر نتایج این تحقیق شناسایی سه منطقه پیشنهادی برای دفن پسماندهای شهری مشهد در سه نقطه جاده قدیم نیشابور، دفنگاه فعلی میامی و جاده سیمان است که با در نظر گرفتن پارامترهای ژئومورفیک، محیط‌زیستی و اجتماعی مورد بررسی قرار گرفت. پوشش گیاهی در محل دفن زباله یکی از معیارهای مهمی است که بر روی ریسک‌های محیط‌زیستی تأثیر زیادی می‌گذارد. جاده سیمان با دارا بودن پوشش گیاهی مناسب، از مزیت‌های محیط‌زیستی بیشتری برخوردار است. نزدیکی به گسل‌ها نیز به‌عنوان یکی از معیارهای ایمنی در نظر گرفته شد. جاده سیمان با فاصله مناسب از گسل‌ها امنیت بیشتری در برابر حوادث طبیعی همچون زلزله دارد. دفنگاه میامی نیز از این نظر وضعیت مناسبی دارد، اما جاده قدیم نیشابور به دلیل نزدیکی بیشتر به گسل‌ها، خطر بیشتری از این جهت دارد. نزدیکی به منابع آب زیرزمینی نیز یکی دیگر از معیارهای مهم برای انتخاب محل دفن زباله است، دفنگاه میامی با امتیاز بالاتر در این زمینه، خطر کمتری برای آلودگی آب‌های زیرزمینی دارد. با این حال، جاده سیمان نیز فاصله مناسبی از منابع آب دارد که باعث می‌شود همچنان گزینه‌ای مطلوب باشد. شیب زمین بر مدیریت شیرابه‌های زباله تأثیر زیادی دارد و محل‌های با شیب مناسب می‌توانند خطر آلودگی را کاهش دهند. جاده سیمان در این معیار نیز عملکرد خوبی داشت و امتیاز بالاتری از سایر محل‌ها کسب کرد. فاصله از قطب‌های صنعتی به‌عنوان معیاری اقتصادی و محیط‌زیستی در نظر گرفته شده است. جاده سیمان با فاصله مناسب از قطب صنعتی، بهترین گزینه از این منظر نیز محسوب می‌شود. ارتفاع از سطح دریا نیز می‌تواند بر ریسک‌های طبیعی و دسترسی به منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار باشد. جاده سیمان با دارا بودن ارتفاع مناسب، توانست در این معیار نیز نمره قابل قبولی کسب کند و گزینه‌ای بهینه باشد. بافت خاک در انتخاب محل دفن زباله نقش مهمی ایفا می‌کند. جاده سیمان با دارا بودن بافت خاکی مناسب که از نفوذ بالای آلاینده‌ها جلوگیری می‌کند، در این معیار نمره قابل قبولی کسب کرده و به‌عنوان یک گزینه بهینه برای دفن زباله در نظر گرفته شده است. ریخت‌شناسی زمین، به‌ویژه پستی و بلندی‌ها نیز نقش مهمی در انتخاب محل دفن زباله دارد. جاده سیمان با دارا بودن ریخت‌شناسی مناسب، توانست در این معیار نمره قابل قبولی کسب کند. این ویژگی باعث می‌شود محل دفن زباله از نظر محیط‌زیستی ایمن‌تر بوده و ریسک‌های احتمالی مانند رانش زمین و آب‌گرفتگی کاهش یابد. لذا نتایج نشان داد که جاده سیمان در ۱۵ کیلومتری شهر مشهد با امتیاز وزن‌دهی شده ۱/۰۳۴ به‌عنوان بهترین گزینه محل دفن زباله شناخته شد. یافته‌های این تحقیق با نتایج مرادی و حفار (۱۳۹۸) در انتخاب محل دفن پسماند شهر مشهد سازگار است. سپهر و همکاران (۱۳۹۳) نیز پهنه‌ی جاده نیشابور را د رتبه آخر و جاده میامی را دراولویت اول جهت پسماند معرفی کردند که اولویت به‌دست آمده در این پژوهش ناسازگار است. این ناسازگاری می‌تواند مربوط به این مهم باشد که که پژوهش آنها مربوط به ۱۰ سال قبل بوده که با توجه رشد شهر و تغییرات حاصل از گذشت زمان باشد. لذا این پژوهش می‌تواند به مدیریت بهتر پسماندهای شهری و کاهش اثرات محیط‌زیستی در مشهد کمک کند.

۵- نتیجه‌گیری

مکان دفن زباله می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر زندگی شهری و محیط زیست تأثیر بگذارد. مکان دفن زباله باید با دقت انتخاب شود تا مشکلات زیست‌محیطی به حداقل برسد. با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، از یک مدل مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تجزیه و تحلیل و شناسایی مقرون به صرفه‌ترین مکان‌های دفن زباله در اردن استفاده شد. ابزارهای تحلیلگر مکانی سیستم اطلاعات جغرافیایی برای این بخش از تحقیق از تجزیه و تحلیل همپوشانی استفاده کردند. بهینه‌سازی و مدل‌سازی مناسب بودن دو نمونه از کاربردهای تجزیه و تحلیل همپوشانی هستند. این روشی است که از یک مقیاس مشترک از مقادیر برای ترکیب بسیاری از ورودی‌های متفاوت در یک نمای کلی واحد و مختصر استفاده می‌کند. از تحلیل سلسله مراتبی برای اولویت‌بندی مقادیر ۱۱ پارامتر به کار رفته در معیار انتخاب محل دفن زباله برای تولید یک نقشه موضوعی که مکان‌های احتمالی دفن زباله را نشان می‌دهد، استفاده شد. با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و کمک این رویکرد، می‌توان مکان‌های دفن زباله را پیش‌بینی کرد. برای این نوع مطالعه، توصیه می‌شود از پارامترهای بیشتری استفاده شود.

رویکرد ارائه شده نشان می‌دهد که کدام مناطق برای انتخاب محل دفن زباله مناسب یا نامناسب هستند. معیارهای مورد استفاده در این مطالعه ثابت نیستند زیرا می‌توانند از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشند و این معیارها را می‌توان بر اساس آن در تجزیه و تحلیل تغییر داد. جدا از آن، روش ارائه شده می‌تواند تجزیه و تحلیل و نتایج را به‌طور واضح و مستقیم در قالبی قابل فهم توضیح دهد. در نتیجه، هنگامی که رویکرد و نتایج نقشه تناسب به وضوح قابل درک باشد، می‌تواند به جلب حمایت کامل، به ویژه از سوی عموم، کمک کند.

منابع

اقصایی، ه.، و سوری، ب. (۱۳۹۶). مکان‌یابی محل‌دفن پسماند شهری با استفاده از روش وزن‌دهی سلسله مراتبی معکوس. تحقیقات نظام سلامت، (۳)۱۳، ۳۶۶-۳۵۹.

انصاری، م.، و جمالی، م. ر. (۱۴۰۳). بررسی معیارهای مختلف جهت تعیین پهنه‌های مستعد دفن پسماند با مدل های AHP و AHP Fuzzy با عملگرهای Sum و Gama در شهرستان اوز، استان فارس. جغرافیا و روابط انسانی، (۳)۷، ۴۵۴-۴۳۵.

باقر آبادی، ر. (۱۴۰۱) . مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان صحنه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، (۱)۲، ۷۱-۶۲.

پورخسروانی، م.، پربار، ز.، و مغانی رحیمی، ب. (۱۳۹۶). ارزیابی مکان‌های بهینه برای دفن زباله‌های شهری (مطالعهٔ موردی: شهر فیروزآباد). پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، (۲)۵، ۳۵۶-۳۳۷.

تاج الدینی، ع.، سبزی، ز.، و ظریف، ل. (۱۴۰۱). امکان سنجی انتخاب محل مناسب دفن زباله های شهر کرج با رویکرد توسعه ی پایدار با استفاده از تلفیق GIS و روش AHP فازی. اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، (۱۲۳)۳۱، ۱۷۷-۱۵۵.

جلیلیان، س.، اردکانی، س. س.، چراغی، م.، منوری، س. م.، و لرستانی، ب. (۱۴۰۰). مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهری با استفاده از روش‌های سوارا (SWARA)، کوپراس (COPRAS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مورد مطالعه: شهر کرمانشاه. مهندسی بهداشت محیط، (۱)۹ ، ۵۸-۴۱.

سروش، م. م. (۱۳۹۸). مکانیابی بهینه مراکز دفن پسماند با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر مبنای GIS (مطالعه موردی: کرمانشاه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود.

سپهر، ع.، بیگلر فدافن، م.، و صفرآبادی، ا. (۱۳۹۳). اولویت‌بندی مکان‌های مستعد دفن پسماند شهر مشهد با تأکید بر شاخص‌های ژئومورفیک. جغرافیا و توسعه، (۳۴)۱۲، ۱۵۲-۱۳۹.

شریفی، م.، ابراهیمی، م.، و سیف اللهی, ف. (۱۴۰۳). تعیین مکان‌های بهینهٔ دفن نخاله‌های ساختمانی در شهرهای هموار و بیابانی با استفاه از سیستم اطلاعات مکانی و تکنیک شباهت به گزینهٔ ایدئال (مورد مطالعه: شهر یزد). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، (۴)۳۵، ۸۲-۴۷.

صابری‌فر، ر.، و صادقی حصار، ح. (۱۳۹۷). بررسی نقش عوامل اجتماعی ، فرهنگی و کالبدی در استقرار ایستگاه‌های جمع‌آوری کنندهٔ پسماندهای شهر (نمونه موردی شهر مشهد). جغرافیای اجتماعی شهری، (۱)۵، ۴۸-۳۳.

رضاپور، ع.، و دیمه‌ور، س. (۱۴۰۳). مکانیابی محل دفن پسماند با استفاده از سیستم اطالعات جغرافیایی (GIS) و روش همپوشانی فازی (مطالعه موردی: شهرستان بیرجند). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، (۳)۴، ۱۰۴-۸۳.

رضاطلب، ا.، و قادری، ع. (۱۴۰۲). تحلیل و اولویت‌بندی توسعه پارک‌های شهری با بهره‌گیری از تکنیک تاپسیس با رویکرد عدالت فضایی (مطالعه موردی: شهر مشهد). مدیریت سبز، (۴)۳، ۱۰۲-۷۸.

رضائی‌منفرد، ح.، آوریده، س.، و طالب بیدختی، ن. (۱۳۹۸). بررسی گزینه مناسب جهت دفع پسماندهای جامد شهری با استفاده از روش تصمیم گیری چندمعیاره بهترین- بدترین فازی و ویکور فازی (مطالعه موردی شهر شیراز). دومین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران ،سازه و زلزله، تهران، اردیبهشت ۱۴۰۳.

رمضانی, ه.، و قنبرزاده‌لک، م. (۱۴۰۰). مکانیابی و ارزیابی اثرات محیط‌زیستی مراکز دفن پسماند با استفاده از GIS و روش‌های ماتریسی RIAM و لئوپولد ایرانی. محیط‌شناسی، (۳)۴۷، ۲۹۱-۲۶۷.

رنجبر، ا.، حکیم‌پور، ف.، میریعقوب‌زاده، م.ح.، شریف‌نژاد، ج.، پیری، ع.، و بابایی، ا.ن. (۱۳۹۳). پهنه‌بندی و مکان یابی دفن پسماندهای شهری (مطالعه موردی: شهرستان تبریز). جغرافیا و برنامه‌ریزی، (۴۷)۱۸، ۱۴۸-۱۳۳.

طالبی، م. ص. (۱۴۰۲الف). مکان‌یابی محل‌دفن پسماند شهر بم با استفاده از مدل‌سازی تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط GIS. آمایش سرزمین، (۲)۱۵، ۳۲۶-۳۰۷.

طالبی، م. ص. (۱۴۰۲ب). مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر اردکان با استفاده از مدل‌سازی تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط GIS. فضای شهری و حیات اجتماعی، (۴)۲، ۵۵-۳۷.

عابدینی، م.، و سرایی، ب. (۱۴۰۲). ارزیابی اثرات زیست محیطی دفن پسماند در جنگل های سراوان با استفاده از مدل تحلیل شبکه ANP و انتخاب محل مناسب دفن پسماند. جغرافیا و روابط انسانی، (۴)۵، ۷۷۷-۷۶۰.

عرب‌عامری، ع.، و رامشت، م.ح. (۱۳۹۵). مکان‌یابی دفن پسماند با تاکید بر پارامترهای هیدرو ژئومورفولوژیکی- زیست محیطی. تحقیقات کاربردی علوم جغـرافیـایی، (۴۳)۱۶، ۵۵-۸۰.

قنبری، م.، رضوی‌نژاد، س. م.، کوشا، ر.، و حسینی، س.ر. (۱۴۰۳). سنجش سطح توسعه یافتگی مناطق هفدهگانه جدیدکلان‌شهر مشهد. برنامه‌ریزی منطقه‌ای، (۵۵)۱۴، ۲۰-۱.

مجلل، م.، مردانی، ن.، و کارگری، ن. (۱۳۹۸). مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری در دشت خدابنده با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره در سامانه اطلاعات جغرافیایی. مطالعات علوم محیط زیست، (۱)۴، ۱۰۵۴-۱۰۴۴.

مرادی، ع.، و حفار، ا. م. (۱۳۹۸). مکان‌یابی دفنگاه پسماند شهری با استفاده از مدل AHP و تکنیک GIS (نمونه موردی: شهر مشهد). چهارمین همایش بین المللی افق‌های نوین در مهندسی عمران،معماری و شهرسازی، تهران، اسفند ۱۳۹۷.

نیک‌زاد، و.، امیری، م. ج.، معرب، ی.، و فروغی، ن. (۱۳۹۶) . مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی (FANP) (مطالعه موردی: شهرستان علی‌آباد). جغرافیا و مخاطرات محیطی، (۱)۶، ۸۷-۶۷.

همایون آریا، ش.، و اسدالله فردی، غ. (۱۳۹۳). مروری کوتاه بر کاربرد مدل های ریاضی در تعیین محل دفن پسماند جامد شهری، اولین همایش ملی محیط زیست، اصفهان. خرداد ۱۳۹۳.

یوسفی روبیات، ا.، صیادی، م. ح.، و چمانه‌پور، ا. (۱۴۰۱). .ارزیابی استانداردهای ملی برای جانمایی محل دفن پسماند صنعتی با بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی .سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۱۳)۴،۳-۶۱.

بیستمین آمارنامه حمل و نقل مشهد. (۱۴۰۳). معاونت نظارت و مهندسی شبکه حمل و نقل، شهرداری مشهد.

دوازدهمین آمارنامه حمل و نقل مشهد. (۱۳۹۵). معاونت نظارت و مهندسی شبکه حمل و نقل، شهرداری مشهد.

آمارنامه شهر مشهد. (۱۴۰۲). معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سرمایه انسانی شهرداری مشهد – دفتر خلاقیت و نوآوری شهری، شهرداری مشهد.

سالنامه آماری هواشناسی استان خراسان رضوی (۱۴۰۱-۱۴۰۰). (۱۴۰۱). اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی.

Arabeyyat, O.S., Shatnawi, N., Shbool, M.A., and Al Shraah, A. (2024). Landfill site selection for sustainable solid waste management using multiple-criteria decision-making. Case study: Al-Balqa governorate in Jordan. MethodsX, 12(11), 102591.

Elkhrachy, I., Alhamami, A., and Alyami, S.H. (2023). Landfill site selection using multi-criteria decision analysis, remote sensing data, and geographic information system tools in Najran City, Saudi Arabia. Remote Sensing, 15(15), 3754.

Bottero, M., Oppio, A., Bonardo, M., and Quaglia, G. (2019). Hybrid evaluation approaches for urban regeneration processes of landfills and industrial sites: the case of the Kwun Tong area in Hong Kong. *Land use policy*, *82*, 585-594.

Butt, I., and Ghaffar, A. (2012). Groundwater quality assessment near Mehmood Boti landfill, Lahore, Pakistan. Asian Journal of Social Sciences and Humanities, 1(2), 13-24.

Satty, T. L. (1970). Principle and appliance of analytic hierarchy process. Management Science, 11.

Osra, F.A., and Kajjumba, G.W. (2020). Landfill site selection in Makkah using geographic information system and analytical hierarchy process. Waste Management & Research, 38(3), 245-253.

Karakuş, C.B., Demiroğlu, D., Çoban, A., and Ulutaş, A. (2019). Evaluation of GIS-based multi-criteria decision-making methods for sanitary landfill site selection: the case of Sivas city, Turkey. Journal of Material Cycles and Waste Management, 22(1), 254 - 272.

Kang, Y.O., Yabar, H., Mizunoya, T., and Higano, Y. (2024). Optimal landfill site selection using arcgis multi-criteria decision-making (mcdm) and analytic hierarchy process (ahp) for kinshasa city. Environmental Challenges, 14(7), 100826.

Management of Natural Ecosystems
Volume 5, Issue 3, Atumn 2025, 61-74
http://emj.ardakan.ac.ir/article_735234.html

Prioritization of Municipal Solid Waste Landfill Sites in Mashhad city Using Multi-Criteria Decision-Making Models with Emphasis on Geomorphological Criteria

Mojtaba Afsharpour[1*], Abolfazl Rezatalab[2]

CC BY

Research Article

1. M.Sc. in Environmental Pollution, Department of Environmental Science, Khardgerayan Motahar University, Mashhad, Iran.

afsharpoor1162@gmail.com

* Corresponding author

2. M.Sc. in Agricultural Engineering, Department of Environmental Studies, General Department of Urban Environmental Improvement, Vice Presidency for Environment and Urban Services, Mashhad, Iran.

rezatalab_abolfazl@yahoo.com

Article Code: 2511-1130
Countinus Pagination: 1180-1193

Received: 05 November 2025
Accepted: 19 April 2026
Online: 22 April 2026
Review speed: 106 days

Citation:
Afsharpour, M., and Rezatalab, A. (2025). Prioritization of Municipal Solid Waste Landfill Sites in Mashhad city Using Multi-Criteria Decision-Making Models with Emphasis on Geomorphological Criteria. Management of Natural Ecosystems, 5(3), 61-74.

Abstract

Environmental hazards and waste disposal, due to their direct connection with human life, require control and the implementation of management systems. During the selecting urban waste disposal sites, efforts are made to identify locations that pose the least risk to the environment and human health. The aim of this study was to identify areas with minimal negative environmental impacts and to determine the most suitable site for the landfill of municipal solid waste in the city of Mashhad.For landfill site selection in Mashhad County, eleven criteria were utilized through theAnalytical Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information System (GIS) techniques. The final weights derived from the hierarchical analysis Process indicated that vegetation cover, slope, and soil texture received the highest importance values, respectively. After determining the weights of the criteria and their various subclasses, the information layers were overlaid and integrated in the GIS environment based on the relative importance of each class. Subsequently, criteria influencing landfill suitability—such as distance from residential areas, water resources, and other environmental factors—were classified and scored using the AHP method. After the elimination of restricted zones based on previous studies, three proposed areas for the disposal of Mashhad's municipal waste—namely the old Nishabur road, the current landfill on the Miyami road, and the Cement Road corridor—were evaluated considering geomorphological, environmental, and social criteria. The area located 15 km from Mashhad along the Cement Road, with a weighted score of 1.034, was identified as the most suitable landfill site and This zone achieved the highest scores in criteria such as vegetation cover, distance from industrial centers, and distance from active faults.

Key Words:

Municipal Waste, Environmental Impacts, Landfill Site Selection, Mashhad city.

DOI: 10.22034/emj.2026.2076833.1130
ISSN: 2821-0182